

甲府市における大気汚染解析

— 県立衛生公害研究所測定局を中心に —

鷹野茂夫

中山 昭

はじめに

近年における甲府市のオキシダント濃度をみると漸次減少の傾向がうかがわれる¹⁾。オキシダント濃度は気象条件に大きく左右されるため年により増減があるが、全国的な集計結果でも減少傾向が認められている²⁾。当大気汚染常時監視測定局での環境基準不適合率(年間屋間)は昭和50年39.3%, 51年14.2%, 52年6.2%であった。本県ではオキシダントの緊急時発令は皆無であるが最高濃度は発令基準³⁾ 0.15ppm(測定法の一部変更を行った昭和53年3月まで)に対し, 昭和49年6月0.140ppm, 50年8月0.131ppm, 51年7月0.095ppm, 52年8月0.130ppmと高い。さらに昭和53年の月別最高濃度は5月から8月まで0.11ppmを超えており(新緊急時発令基準⁴⁾ 0.12ppm), 8月には0.128ppmを1時間記録するなど楽観はできない状態である。

当測定局は昭和48年7月のオキシダント自動測定機の設置以来, 49年5月の窒素酸化物自動測定機, 50年5月の二酸化硫黄, 浮遊ふんじん自動測定機, 50年10月の炭化水素自動測定機, 50年12月の気象観測装置の設置を経て一応測定局の体裁を整えることができた。この間気象

観測装置が設置されるまでは専ら緊急時発令基準との対比という形で測定が行われてきたが, 大気汚染の将来的な予測に不可欠である汚染物質の移動解析についても必要を感じてきた。このたびカードセレクターを使用する機会を得たので気象データを中心に風系による汚染物の移動, 汚染物相互間の関係について解析を行った。

測定地点および基礎データ

甲府市を中心とした測定地点の概要を図1に示した。測定局は甲府市街の北西部に位置し, 北から東にかけ山並みが近接している。北西部から北東部には住宅が多く西方向は田園が多い。甲府市の人口は全県の25%, 20万人を占め商工業の中心といえる。測定局の南, 北西に建物があり風向の偏りが大きいので補正について後述した。大気採取口は地上5mにあり, 気象観測は約9mの高さで行っている。

各大気汚染物質の測定方法を表1に示した。夏期で自動測定機の故障による欠測が少ない昭和51年7月の終日データを用いた。データは1ヶ月分, 1時間値を1件とし各汚染物質について最高744件, 最少528件, 総計6,120件であった。

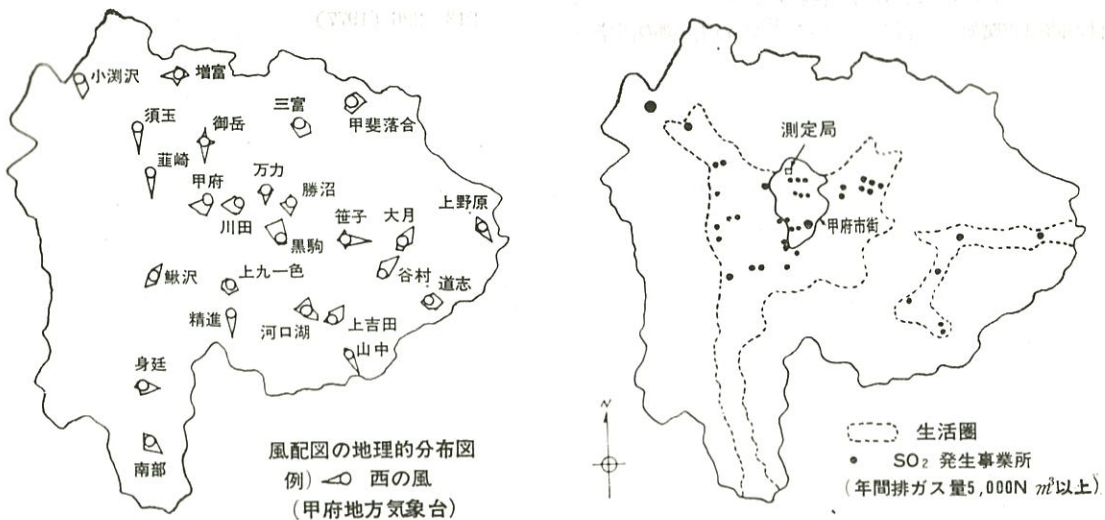


図1 測定局の地理的条件

表1 測定項目および測定方法

| 測定項目 | 測定方法 |
|------------------------|--------------------------------|
| 光化学オキシダント | 中性K I を用いた比色法 (10% K I) |
| 二酸化硫黄 | 溶液導電率法 |
| 窒素酸化物 | ザルツマン法による比色法 (ザルツマン係数 0.72) |
| 浮遊ふんじん | 光散乱法 |
| 気象 (風向, 風速, 気温, 湿度) | — |

結果および考察

1. 測定局における風向の偏りについて

当測定局は 衛生公害研究所 (北西方向 50m, 4 階建て) と県立中央病院 (南方 100m, 8 階建て) の間にはさまれており, 風向は両建造物により大きく影響を受ける。このことから風の開放方向は東側の北から南東方向と西になり, 事実西風だけで全風向回数の 55% を占めている。そこで測定局の南方 500m にある甲府地方気象台発表の同年同月の風向データを参考にした。風向の偏りを補正するため気象台のデータ (3 時間ごとの風向, 1 ヶ月分合計 248 件) と測定局のデータを比較したところ西風については南西風の貢献度が 20% と最も高く次いで西北西 17%, 西 16%, 西南西 13%, 北西風 11% となっている。特徴的なのは西北西風で実際の風は 4% しか吹いておらず, 南西風 23%, 西南西 19%, 南南西 8% と合計 50% を南西方面の風に負っている。他の風向では特に際立った偏りは見られないが全体的にみると東から南南東にかけ, また西南西から南西にかけて南風の風向成分を含んでおり, 南, 南南西の風はそれぞれ南東, 南西の風向成分を含んでいる。北西から東北東の風では北風の成分を含んでおり, 西南西から西北西の風の時, 南西方面の風の貢献度は 68% に及んでいる。

夏期における甲府の夏の風配図を図 2-f に示した⁵⁾。それによると南南西から北西のあいだに吹く風は 68% であるが, 測定局での結果が 74% であり特に風向回数の少い北西方面, 南方面以外は大体図と一致した。測定局における風向別の風向回数は最高が西風の 374 回 (55.0%), 最低が南南東の 3 回 (0.6%) であった。

2. 風向による汚染物質の濃度変化

風向別の汚染物質平均濃度を図 2 の実線で示した。図では風速 0.3~2.0m/s の時となっているが風速 2.1~6.0m/s の風が少ないので全データの平均とほぼ同様であ

る。オキシダント濃度は風向による変化が他の汚染物に比して少く, 北北西と東北東でやや高い。この事実は東部の山あい, 北部の山あい付近でのオキシダント発生を予想させる。さらに西北西の風で濃度が高いが前述のように最も南西風の貢献度が高い風向であるため, 南西方面でのオキシダント発生が予想される。濃度の低い方では北北東が最低であるが北部の山際で最も人家が少ない方向に当たっている。次いで南風の時濃度が低いが南東風の成分が影響していることもあり, 南東風と大差はない。以上のことから甲府市街の中心部にあたる方向でオキシダントが高くなり, 山あいの方面で高いことが特徴として上げられる。これはオキシダントの産生物質とされる窒素酸化物が市部より運ばれ, 山際での濃度を高くしていると推測される。

硫黄酸化物は南南東の風で最高であり次いで東北東, 南西の順である。図 1 に石油を燃料とする特定事業所の配置図を示したが, 南西方面と南南東方面はこれら事業所の影響とみることができ。東北東については事業所は無いが北部より東部にかけ山並みが近接しているため風のまわり込みが考えられる。

二酸化窒素は甲府市街方向にあたる東側で高く, 特に硫黄酸化物の高かった南南東方向で特に高い。二酸化窒素は硫黄酸化物同様, 石油燃料の使用に伴い排出されるが硫黄酸化物の風向別パターンとはやや異なっていることから, 自動車が主たる発生源であると考えられる。ちなみに本県での石油燃料消費量に対する揮発油の割合は 59% であり, 重油消費量の 6 倍となっている⁶⁾。実際にはディーゼル車用の軽油なども含まれるため, 自動車による汚染の寄与率が 6 割といわれるアメリカ以上である⁷⁾。

一酸化窒素は硫黄酸化物, 二酸化窒素とパターンを異にするが, 二酸化窒素とともに事業所の排出を上まわる自動車からの汚染と考えられる。二酸化窒素とのパターンの違いは, 一酸化窒素が二酸化窒素に比べ発生源からの距離による減衰が大きい⁸⁾と思われる。

3. 風速による汚染物質の濃度変化

一般に弱い風の時は近距離からの汚染, 強い風の時は遠距離からの汚染と考えることができるが⁹⁾以下便宜的に風速によって弱い風 (0.3~2.0m/s), 強い風 (2.1~5.7m/s) に分けて考えてみたい。甲府は年間を通じ全国でも非常に風の弱い地域である⁵⁾。このため強い風を 3m/s 以上にすると例数が極端に減少し比較が困難となるのでやむを得ずこのようにした。風向回数は 3 回以上をデータとして採用したが同様の理由からである。弱風時の風向別パターンは各汚染物質とも平均値のパターンと例数の関係もあり特に変化はない。しかし強い風の時

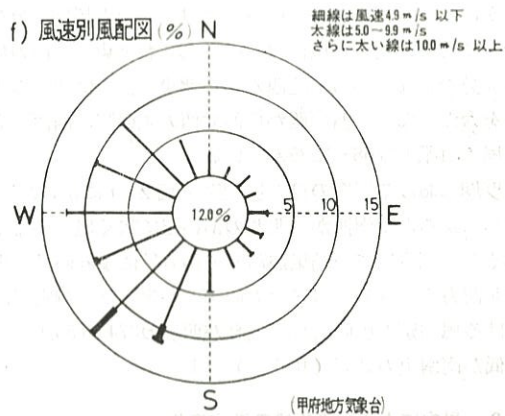
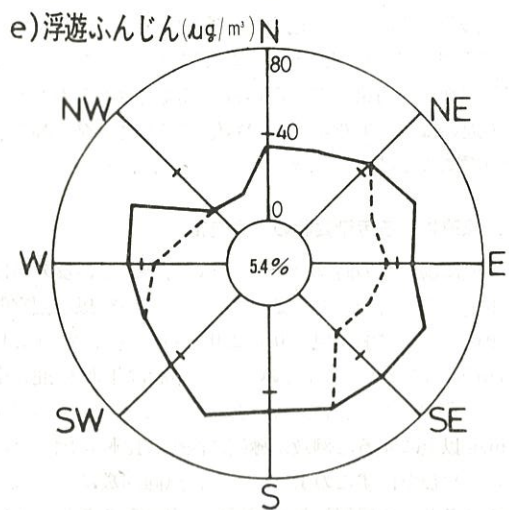
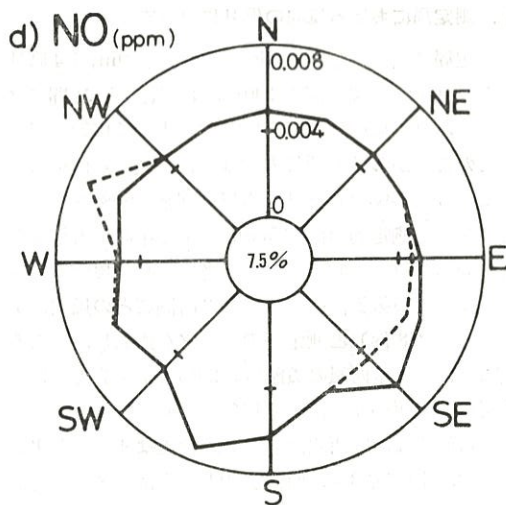
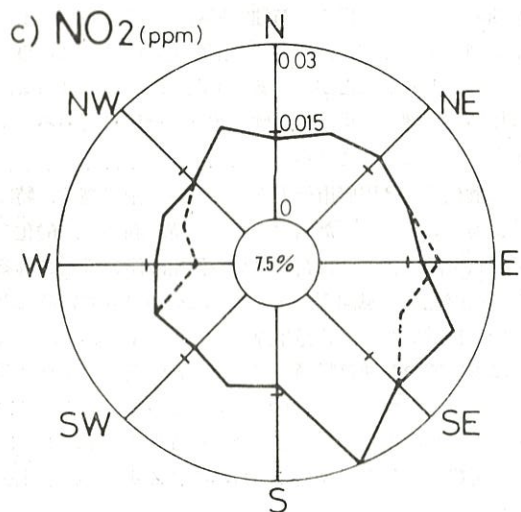
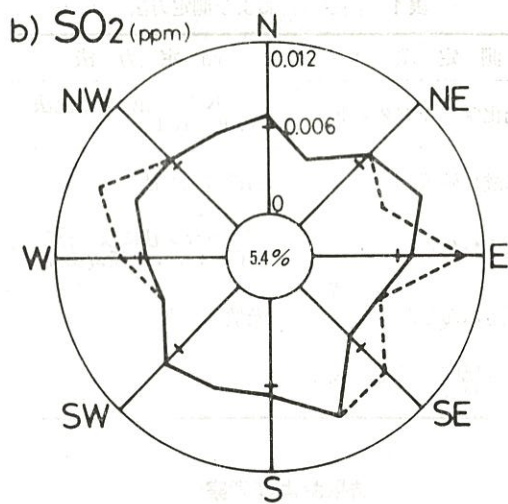
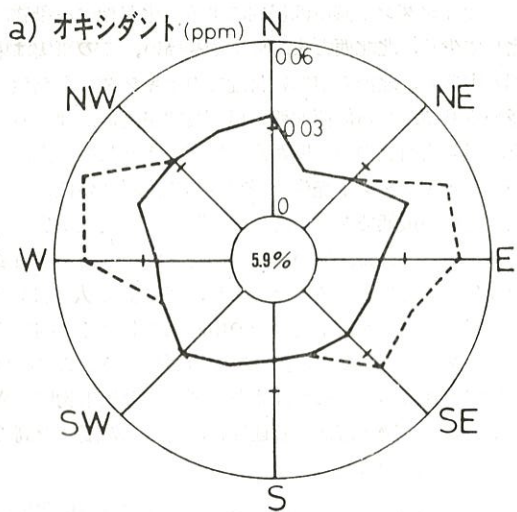


図2 風向、風速による汚染物質の濃度変化

—— 風速 0.3~2.0 m/s
- - - 風速 2.1~5.7 m/s

中心円内の数字は静穏頻度 (風速 0.3 m/s 以下)

各汚染物質ともそれぞれ特徴ある変化を示す。(以下、西北西の風は前述の理由から南西風として記述する)

オキシダントでは強い風の時東北東から南東にかけ濃度は30—100%上昇し、西から南西の風では70—80%の上昇が見られる。市部での発生より市郊外での発生が予想され、東風系は平均で62%の上昇となっている。また西から南西方面での平均78%の上昇は同様にオキシダントの発生が郊外でおこっていると考えられる。最高濃度は西風の時0.093ppm、東北東の風で0.073ppmと西から南西方面が高い。

硫酸酸化物は東北東より南東まで28%の減少から60%の濃度上昇がみられ、平均して22%の上昇である。西から南西では何れも30%の上昇が見られた。PbO₂法による硫酸酸化物の測定結果でも市街部に設置された6観測地点のうち甲府市街南東端の測定点では、他地点の2倍にあたる硫酸酸化物量を記録している。また市東部では

測定値が高くないことから、さらに遠方の発生源が推測される。

二酸化窒素は風が強くなると東から東南東にかけ平均で8%減少し、西から南西の風で24%減少しており平均して16%の減少を示している。これは市街部を外れると自動車台数が減少し二酸化窒素の発生が少くなるためと思われる。

一酸化窒素は東から南東の風で平均14%減少しているが、西から南西にかけ逆に9%の増加が見られ二酸化窒素と比して特徴的である。窒素酸化物は燃焼の時点で主に一酸化窒素として排出され、環境条件により二酸化窒素に変化することから一酸化窒素、二酸化窒素の比率により発生源の影響を予想することができると考えられており¹⁰⁾、結果から南西方面を中心とした近い発生源の影響とみることができると思われる。

浮遊ふんじんは風が強い時何れの方角についても10—

表2 風速別の汚染物質濃度変化

| 項目 | 風速 (m/sec) | 風 向 | | | | | |
|-----------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | ENE | E | ESE | SE | W | WNW |
| オキシダント | 0.3—2.0 | 17 2.5 0.033 | 23 3.4 0.023 | 14 2.1 0.025 | 35 5.1 0.022 | 310 46 0.027 | 50 7.4 0.033 |
| | 2.1—5.7 | 3 0.4 0.049 | 3 0.4 0.048 | 5 0.7 0.034 | 8 1.2 0.035 | 64 9.4 0.050 | 4 0.6 0.058 |
| SO ₂ | 0.3—2.0 | 17 2.4 0.0081 | 23 3.3 0.0068 | 14 2.0 0.0058 | 35 5.0 0.0050 | 319 45 0.0055 | 53 7.5 0.0069 |
| | 2.1—5.7 | 3 0.4 0.0058 | 3 0.4 0.0108 | 5 0.7 0.055 | 8 1.1 0.0081 | 68 9.7 0.0070 | 6 0.9 0.0092 |
| NO ₂ | 0.3—2.0 | — | — | 14 2.6 0.025 | 29 5.4 0.022 | 246 46 0.014 | 38 7.1 0.013 |
| | 2.1—5.7 | — | — | 5 0.9 0.017 | 7 1.3 0.022 | 41 6.6 0.009 | 5 0.9 0.011 |
| NO | 0.3—2.0 | — | — | 14 2.6 0.0057 | 29 5.4 0.0064 | 246 46 0.0053 | 38 7.1 0.0058 |
| | 2.1—5.7 | — | — | 5 0.9 0.0050 | 7 1.3 0.0050 | 41 6.6 0.0052 | 5 0.9 0.0070 |
| 浮遊 ふんじん | 0.3—2.0 | 17 2.4 52 | 23 3.3 47 | 14 2.0 60 | 35 5.0 56 | 319 45 43 | 53 7.5 48 |
| | 2.1—5.7 | 3 0.4 37 | 3 0.4 37 | 5 0.7 30 | 8 1.1 23 | 68 9.7 39 | 6 0.9 27 |

注 (上段：風向回数，中段：風向頻度(%))，下段：平均濃度 (ppm，但し浮遊ふんじんは $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

表3 各汚染物質間および気象との相関

| | オキシダント | NO ₂ | NO | SO ₂ | 浮遊ふんじん | 風速 | 気温 | 湿度 |
|-----------------|--------|-----------------|-------|-----------------|--------|-------|-------|----|
| オキシダント | | | | | | | | |
| NO ₂ | -0.21 | | | | | | | |
| NO | -0.13 | 0.24 | | | | | | |
| SO ₂ | 0.63 | -0.02 | -0.03 | | | | | |
| 浮遊ふんじん | 0.23 | 0.51 | 0.06 | 0.28 | | | | |
| 風速 | 0.39 | -0.15 | -0.06 | 0.17 | -0.16 | | | |
| 気温 | 0.36 | -0.40 | 0.03 | 0.16 | -0.12 | 0.31 | | |
| 湿度 | -0.70 | 0.38 | 0.17 | -0.52 | 0.06 | -0.40 | -0.82 | |

60%の減少がみられ、平均して35%の減少となっている。

4. 各汚染物質間および気象との相関

結果を表3に示した。相関はデータ・カードの階級をもとに作成した相関表より求めた。正の相関ではオキシダントと硫酸酸化物の0.63を最高に以下浮遊ふんじんと二酸化窒素の0.51、風速とオキシダントの0.39、気温とオキシダントの0.36となっている。負の相関ではオキシダントと湿度が-0.70、硫酸酸化物と湿度-0.52、二酸化窒素と気温の-0.40となっている。オキシダントと気温の相関が低いが終日のデータをもとにしているため、夜間に気温が高い場合が含まれるためである。昼間のデータであれば最高の相関を示すと思われる。オキシダントの生成には窒素酸化物の関与が重要であり、スモッグチャンバー実験ではオキシダントの上昇に伴う窒素酸化物の減少が観察されるが¹⁾、表では弱いながら負の相関が認められる。硫酸酸化物と窒素酸化物は全く相関が無く、硫酸酸化物は自動車以外の発生源であることを示している。湿度と汚染物質間に相関が目立つが、湿度は日射量にほぼ反比例するため昼間、夜間の指標と見なしうるためである。オキシダント、硫酸酸化物は生産活動に伴い昼間生成、排出され、夜間では二酸化窒素が光化学反応により消費されないため逆に上昇している。一酸化窒素と浮遊ふんじんは一日を通じ、あまり変化していないことが観察される。

おわりに

密集した大気汚染源をもたない本県の特徴を考え、環境状態の把握に重点をおき終日データを採用したが、昼間のデータについても検討する予定である。測定局の西側には一級河川である荒川が北西から南東に向け流れている。川に沿って移動する川風は昼間川にそって吹き上がり、夜間に川を吹きおろることが知られている。観測

された西北西風が南西風の影響を強く受けていることは重要であるが、終日のデータでは西風の分析に無理がある。しかし一般に夜間は昼間に比して汚染度ははるかに低いため、西北西の風を南西風の影響とみて問題ないと思われる。風速別の濃度変化では、強い風が遠方の汚染物を運搬することから見るべきものが多い。しかし風の吹かない方向については如何ともし難く、測定局の設置がのぞまれる。また測定稼働率の関係から梅雨が夏にずれ込んだ51年7月のデータを採用したが、代表的な夏期の気象としては問題が残っており、迅速な保守体制とあわせ今後の課題であろう。この度の風向解析を行うにあたり、測定局の立地条件の重要性を痛感した次第である。

最後に本稿のために資料を快く提供していただいた、日本気象協会甲府支部、藤森 清支部長に感謝いたします。

文 献

- 1) 山梨県：山梨県の大気汚染 (1977)
- 2) 環境庁：日本の大気汚染状況 1978年版 (1979)
- 3) 環境庁大気保全局通達 (昭52環企64)
- 4) 大気汚染防止法施行令 (昭52政令66)
- 5) 甲府地方気象台：山梨県の気象 16 日本気象協会 甲府支部 (1977)
- 6) 山梨県：統計情報やまなし 245 (1979)
- 7) WHO：都市の大気汚染 日本公衆衛生協会 (1971)
- 8) 佐藤静雄ら：第19回大気汚染学会大会講演集 108 (1978)
- 9) 太田久雄、長尾 隆：公害と気象 197 地人書院 (1974)
- 10) 北林興二、横山長之：第18回大気汚染研究全国協議会大会講演集 379 (1977)
- 11) 鈴木 伸：大気汚染研究 11, 173 (1976)