

6. 福井・坂井地区の窒素酸化物の分布および 濃度変動に関する要因の検討（第5報）

——濃度分布の地域特性について——

山田克則，稲津悦朗

I 結 言

前報まで、主として窒素酸化物の濃度変動に着目して検討を続けてきたが、濃度分布についてみると、窒素酸化物の濃度分布は、硫黄酸化物に比べて地域差が大きいという特徴がある。

本報では、福井・坂井地区の15の大気汚染常時監視観測局を対象として、窒素酸化物の濃度分布の地域特性について検討した結果を報告する。

II 濃度分布の状況と考察

1. 年平均値の濃度分布

窒素酸化物の年平均値は近年横ばい傾向を示している。56年度の福井・坂井地区の窒素酸化物の年平均値を、大気汚染常時監視テレメーターシステムに接続されている15観測局（三国、芦原、金津、丸岡、春江、坂井、鶉、森田、麻生津、福井、センター、大宮、足羽、河合、社）についてみると、0.006 ppm（鶉）～0.032 ppm（麻生津）、平均0.015 ppm、標準偏差0.007 ppmであった。これを硫黄酸化物と比較すると、硫黄酸化物の年平均値は0.005 ppm（三国、他5局）～0.011 ppm（福井）、平均0.007 ppm、標準偏差0.002 ppmであり、窒素酸化物の年平均値は、硫黄酸化物に比べて地域差が大きく、濃度の平均値は2倍以上であった。

この違いの要因は、発生源の違いに求められる。すなわち、硫黄酸化物の発生源は固定発生源が

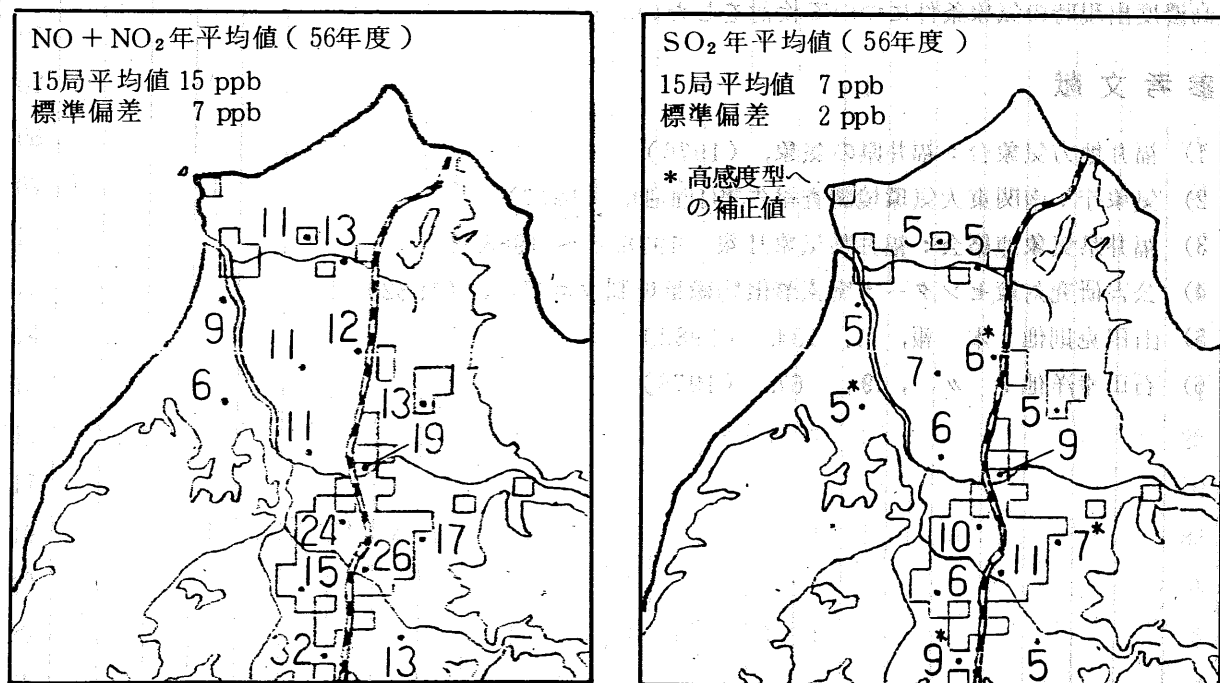


図-1 窒素酸化物と硫黄酸化物の年平均値の濃度分布
（□内は人口千人以上のメッシュ（1.1km×0.9km））

主であるが、固定発生源は排出口が高いため、汚染質が測定点へ達するまでに鉛直拡散を要し、発生源直下では無風時を除いて高濃度になりにくい。他方窒素酸化物の発生源には固定発生源と移動発生源があるが、移動発生源(自動車)は排出口が低いため、有風無風にかかわらず発生源付近が最も高濃度となる。このため、移動発生源は、その分布が濃度の測定値に反映される度合いが固定発生源に比べて大きく、その結果、窒素酸化物の濃度分布には、移動発生源の分布が反映されて地域差が大きくなるものと考えられる。ちなみに固定発生源のみについて窒素酸化物排出量と硫酸酸化物排出量を比較すると、56年度の県内の排出量は、前者が約6千ton、後者が約9千tonであった(大気汚染物質排出量総合調査の集計結果による)。

2. 1時間値の累積度数分布

窒素酸化物の年平均値は地域差が大きい、1時間値濃度のあらわれ方は、どの観測局もおおむね対数正規分布に従っている。図-2は累積度数分布曲線(対数正規確率紙に16%値, 50%値, 84%値, 98%値をプロットし直線で結んで近似)を局ごとに線をずらして示したものである。局により傾きの差異や98%値が左へずれる(高濃度が少ない)などの差異があるが、どの局もほぼ直線に近く、濃度のあらわれ方がおおむね対数正規分布に従っていることを示している。比較のために硫酸酸化物の累積度数分布曲線を示したが、窒素酸化物の曲線は、どの局も硫酸酸化物の曲線よりも傾いている。これは窒素酸化物の濃度変動が硫酸酸化物の濃度変動より大きいことをあらわしている。この理由は、固定発生源からの汚染質は鉛直拡散されて測定点へ到達するのに対し、移動発生源からの汚染質は、不安定な大気中では鉛直拡散により希釈されるが、安定な大気中では十分拡散希釈されないまま測定点へ到達するため、移動発生源の寄与が大きい窒素酸化物は濃度変動が大きいものと考えられる。

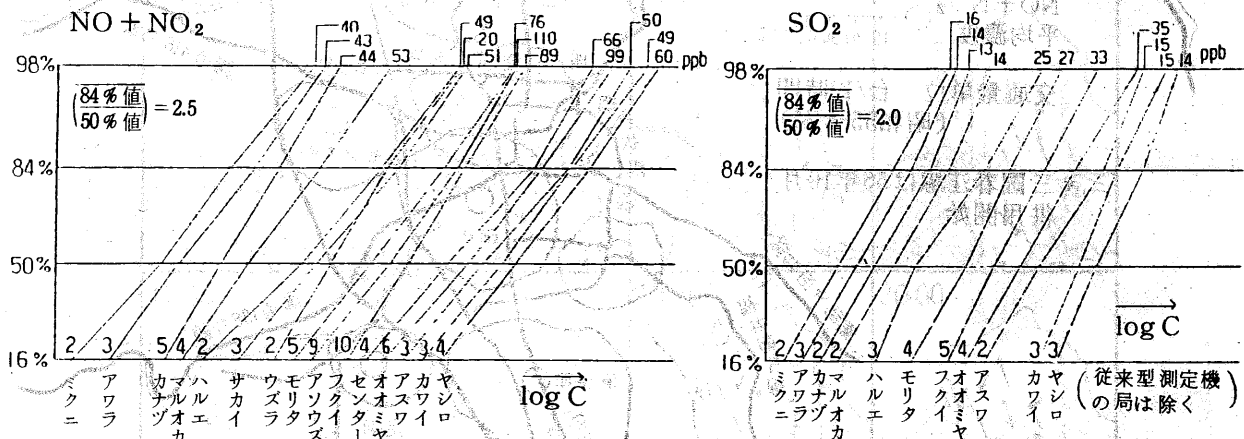
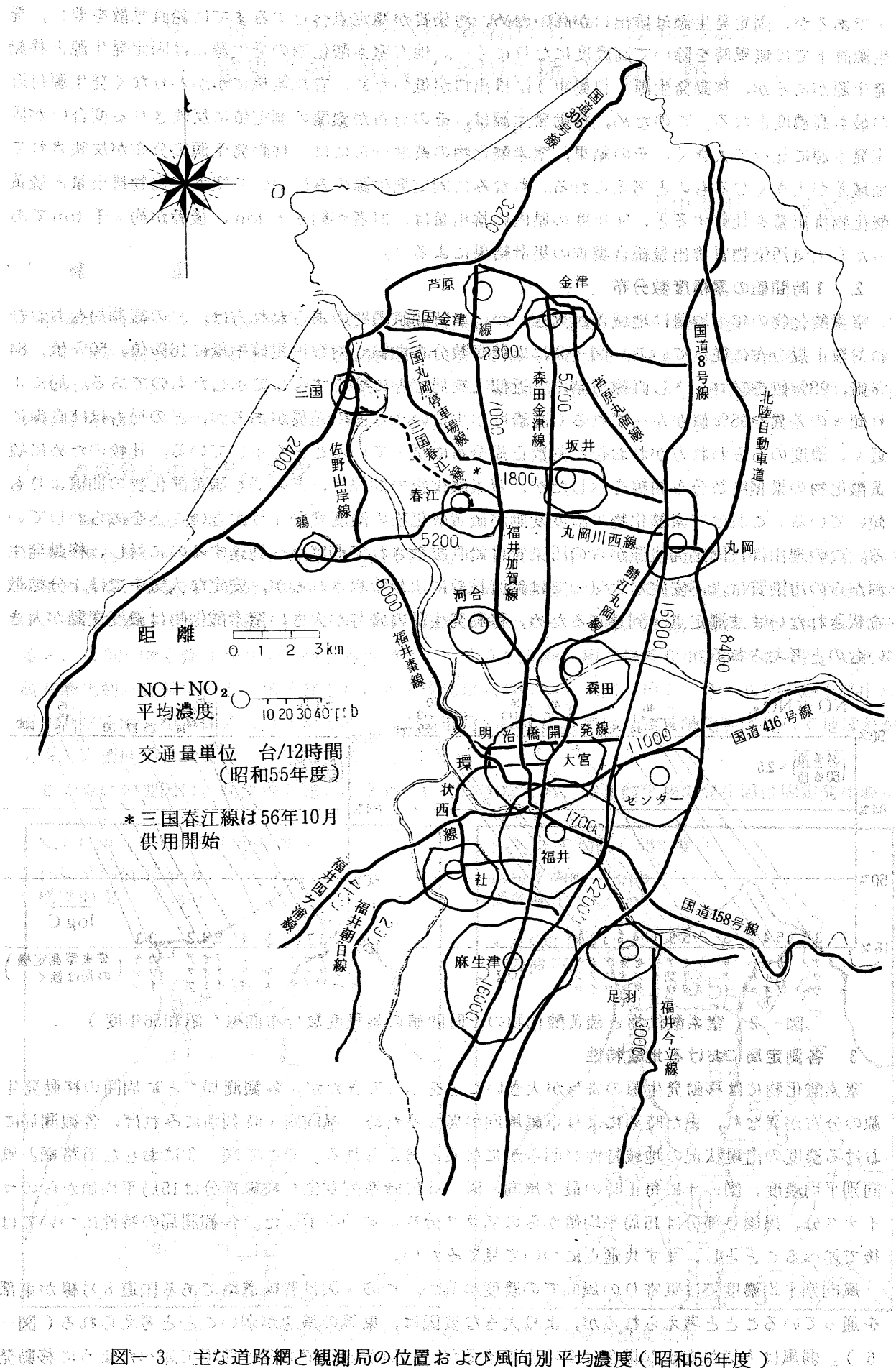


図-2 窒素酸化物と硫酸酸化物の1時間値の累積度数分布曲線(昭和56年度)

3. 各測定局における地域特性

窒素酸化物には移動発生源の寄与が大きいことを示してきたが、各観測局ごとに周囲の移動発生源の分布が異なり、また時刻により卓越風向が異なるため、風向別・時刻別にみれば、各観測局における濃度の出現状況の地域特性が明らかになると考えられる。そこで図-3におもな道路網と風向別平均濃度、図-4に毎正時の最多風向、図-5に時系列変化(縦線部分は15局平均値からのマイナス分、黒塗り部分は15局平均値からのプラス分を示す。)を示した。各観測局の特性については後で述べることにし、まず共通点について見てみたい。

風向別平均濃度では東寄りの風向での濃度が高い。この一因は幹線道路である国道8号線が東部を通っていることと考えられるが、より大きな要因は、東風の風速が弱いことと考えられる(図-6)。弱風は大気が安定な場合に多く出現するが、大気が安定であると前項で述べたように移動発



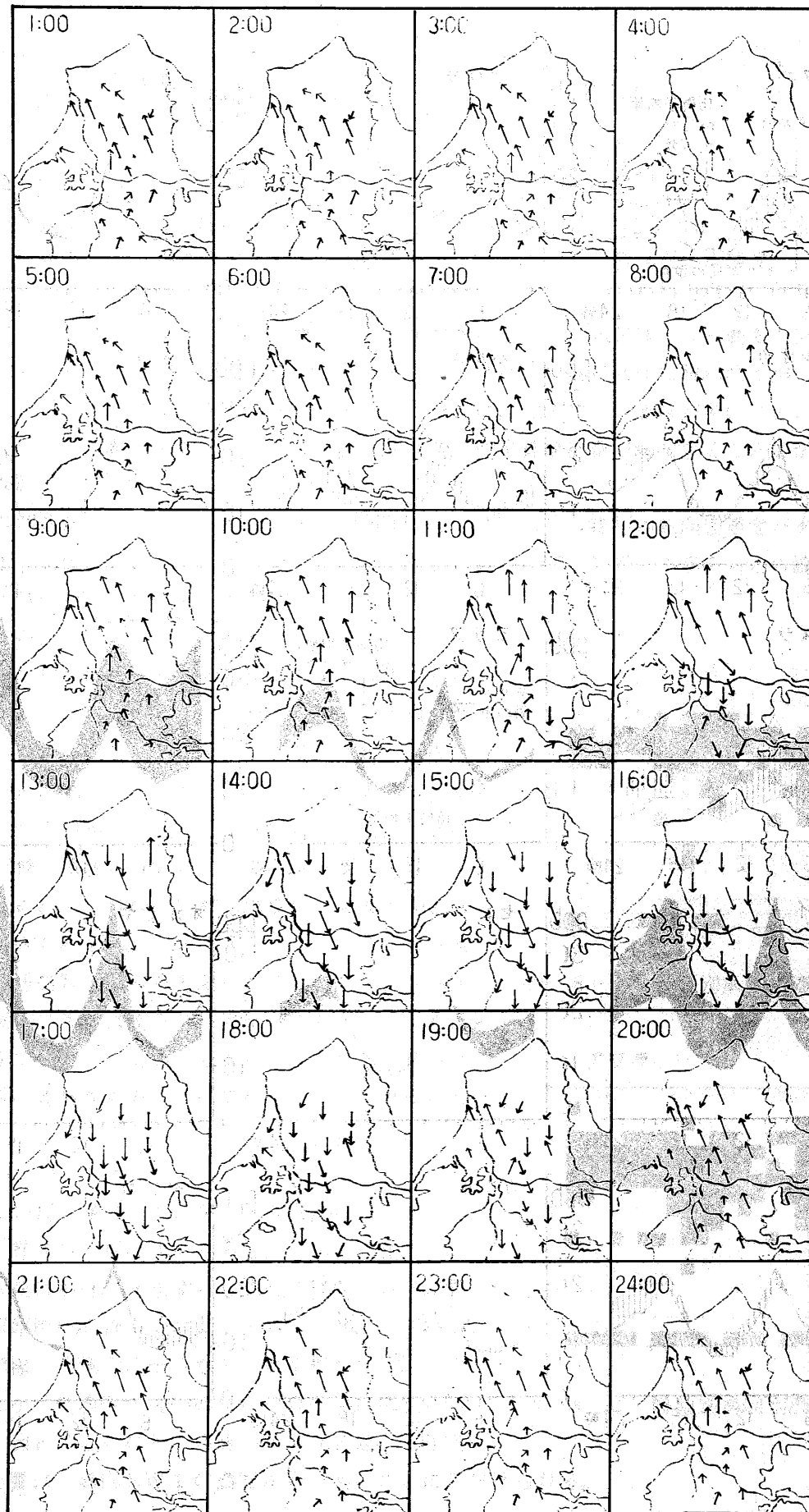


図-4 福井・坂井地区の毎正時の最多風向(昭和56年度)(矢印の長さは風速に比例する)

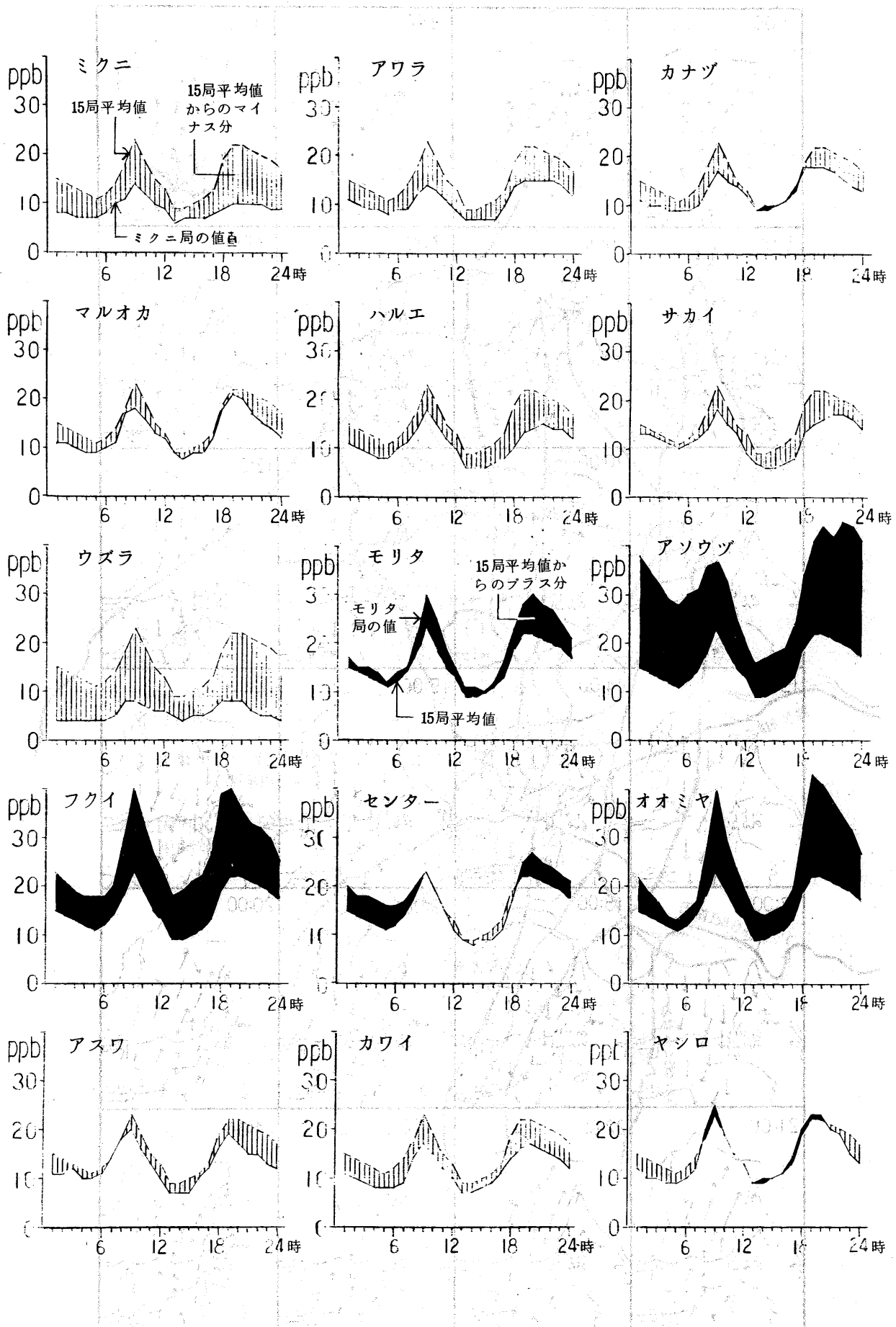


図-5 室素酸化物濃度の時系列変化(昭和56年度)

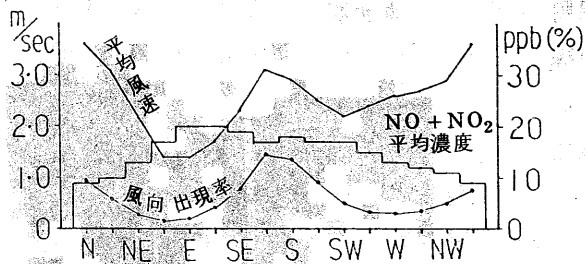


図-6 風向別平均風速・出現率・平均濃度
(15局平均値 昭和56年度)

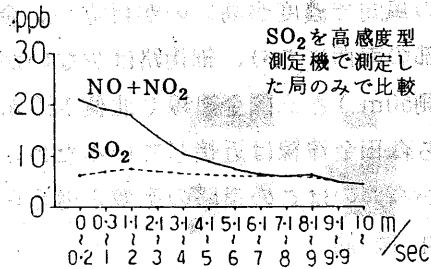


図-7 風速別平均濃度
(11局平均値 昭和56年度)

生源の寄与が大きい。このため窒素酸化物は硫黄酸化物に比べて風が弱いほど濃度が高い(図-7)。

時系列変化ではどの局も二峰性を示す。朝方のピークはどの局も9時に現われるが、夕方のピークの出現時刻は、局により多少のズレがある。二峰性は、朝・夕に交通量が多いこと、日中は大気不安定になり拡散希釈がすすむこと、および夜間は汚染質排出量が減少すること等がおもな要因と考えられる。

以下各観測局ごとに図-3~5および図-8-1~15に示した時刻別風向別濃度パターン(時刻別風向別平均値が10 ppb以上の部分を黒塗りで示したもの。56年度データ)をもとに濃度の出現状況の地域特性について考察したい。

(1) 三国局

低濃度の局に属し、時系列変化において夕方のピークは目立たない。風向別では東ないし南寄りの風向で濃度が高い。三国局は三国町の中心部から約2 km南にあり、付近に細街路は少なく、国道305号線(西側130 m)と佐野山岸線(東側400 m)に近い。西風で305号線の影響があまりみられないのは交通量が少ないためと考えられる。東側の佐野山岸線の交通量も305号線と同程度(約2,200台/12時間)であるので、より遠方からの汚染質の寄与が考えられる。福井・坂井地区の卓越風向は朝方は南寄り(陸風)であるが、夕方は19時頃まで北寄り(海風)である。このため、夕方は遠方からの寄与が朝方に比べて小さいものと考えられる。

(2) 芦原局

低濃度の局に属するが、夕方から夜にかけて台状に濃度が上昇する。風向別にみると、三国局に比べて、夕方から夜にかけて北東寄りの風向で濃度が高い。芦原局は芦原町中心部のすぐ南にあり、北側に細街路や芦原丸岡線(北側700 m)などの道路網がある。夕方から夜にかけて濃度が高いのはこれらの道路網からの寄与が一因と考えられる。西側の福井加賀線(西側200 m)の影響は、風向SWでの濃度が若干高いことに見受けられる。

(3) 金津局

低濃度の局に属するが、日中の濃度は15局平均値に近い。風向別にみると芦原局に比べて日中西

ミクニ

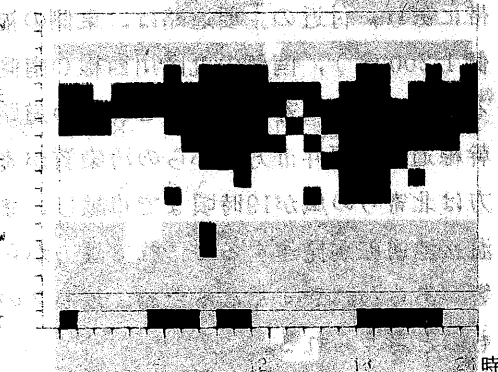


図-8-1 時刻別風向別濃度パターン

アワラ

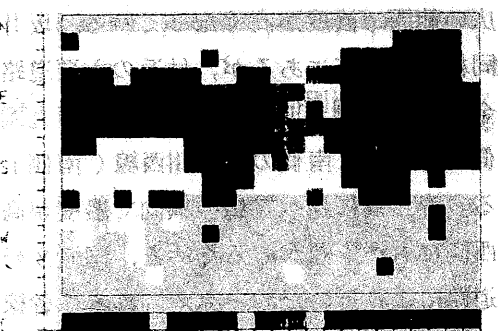


図-8-2 時刻別風向別濃度パターン

寄りの風向で濃度が高いのが目立つ。金津局は金津町中心部の南西にあり、細街路は少ないが、森田金津線（西側50m）と三国金津線（北側150m）に近い。このうち森田金津線は近接しているため、西寄りの風で濃度が高いのはこの道路の影響と考えられる。

(4) 丸岡局

低濃度の局に属するが15局平均値との差は小さい。風向別にみると朝・夕のピーク時はほぼ全方位の風向で濃度が高い。丸岡局は丸岡町中心部のすぐ南にあり、北側に細街路が多いほか、国道8号線（西側500m）、丸岡インター線（南側100m）、北陸自動車道（東側1,000m）等の道路に囲まれている。広い風向で濃度が高いのはこれらの道路網の影響と考えられる。

(5) 春江局

低濃度の局に属し、夕方のピークの中心は21時頃に出現する。風向別にみると東ないし南寄りの風向で濃度が高く、北ないし西寄りでは低い。春江局は田園地帯にあり、付近の主要道路は、東側の福井加賀線（東側1,200m）、南側の丸岡川西線（南側100m）である。東ないし南寄りの風でこれらの道路および遠方の幹線道路や福井市方面からの汚染質が寄与するが、夕方は北寄りの風が19時頃まで卓越し、また夜になり気温接地逆転が発達するにつれて遠方からの汚染質の影響があらわれやすくなるため、ピークの出現が遅れるものと考えられる。

(6) 坂井局

低濃度の局に属し、夕方のピークの中心は春江局と同様遅く出現する。風向別にみると、春江局に比べて広い範囲で濃度が高くなっている。坂井局は春江局と同様田園地帯にあるが、付近の主要道路は西側の森田金津線（西側500m）、北側の三国丸岡停車場線（北側200m）、南側の丸岡川西線（南側1,400m）である。春江局に比べて広い風向で濃度が高いのは北側や西側にも汚染源があるためと、国道8号線などの幹線道路により近いためと考えられる。幹線道路からの影響は、夜間の濃度が高めであることにもうかがえる。

(7) 鶯局

15局のうち最も低濃度の局である。風向別にみると東寄りおよび南寄りの風で濃度が高い。鶯局は福井坂井地区の西部に偏しており、南北方向を主とする汚染質の輸送経路から外れている。濃度が低いのはこのた

カナヅ



図-8-3 時刻別風向別濃度パターン

マルオカ

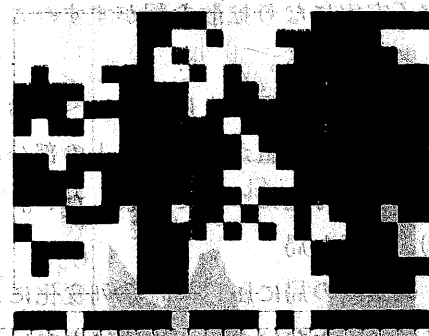


図-8-4 時刻別風向別濃度パターン

ハルエ

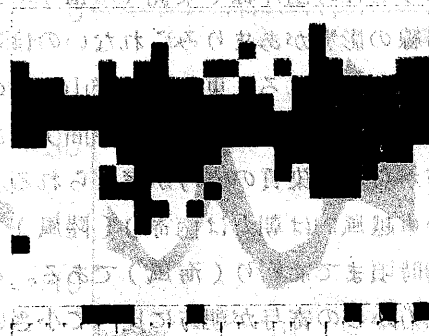


図-8-5 時刻別風向別濃度パターン

サカイ

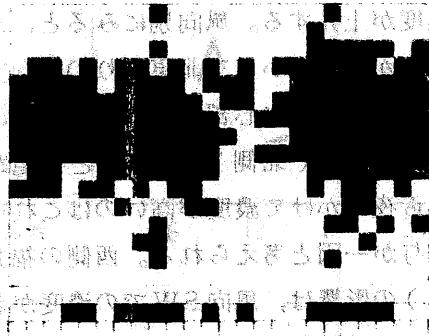


図-8-6 時刻別風向別濃度パターン

めと考えられる。付近の主要道路は南側の福井縦線(南側150m)であり、南風で濃度が高いのはこの道路の影響と考えられる。

(8) 森田局

高濃度の局に属するが、15局平均値との差は夕方から夜にかけて以外大きくない。風向別にみると丸岡局同様、朝・夕のピーク時は全方位で濃度が高い。森田局は福井市北部九頭竜川右岸にあり、幹線道路のひとつである鯖江丸岡線(西側300m)が同局をとりまぐように南側→西側→北側とカーブして通っている。また東側に国道8号線(東側2,500m)が通り、南側には福井市街地が控えているため、それらの影響で広い風向で濃度が高いものと考えられる。

(9) 麻生津局

15局のうちで最も高濃度の局である。風向別にみると、ほぼ全時間、全方位の風向で濃度が高い。麻生津局は福井市南部にあり、付近に細街路はないが、鯖江丸岡線(西側50m)に近接しており、国道8号線(東側400m)も近い。このため、両幹線道路の影響で濃度が高いものと考えられる。

(10) 福井局

麻生津局に次いで高濃度の局で、麻生津局との相違点は夜間の濃度が低いことである。風向別では夜間の北寄りの風向で低い以外はほぼ全時間全方位の風向で濃度が高い。福井局は福井市中心部のすぐ南にあり、国道158号線(北側200m)、国道8号線(東側1,700m)、鯖江丸岡線(西側600m)に近く、付近に細街路も多い。しかし麻生津局ほど幹線道路に近接していないため交通量の減る夜間は濃度が低くなるものと考えられる。

(11) センター局

日中は15局平均値より低く、夜間は15局平均値より高い濃度を示す。風向別にみると朝・夕のピーク時は全方位の風向で濃度が高く、夜間は北寄り以外の風向で濃度が高い。センター局は福井市東部の田園地帯にあり、国道8号線(西側1,700m)、国道416号線(北側800m)、北陸自動車道(東側1,400m)、国道158号線(南側4,500m)が四方をとり囲む主要道路であるが、いずれの道路もやや離れている。このため、大気が不安定になり拡散の速い日中は局舎に到達する汚染質の濃度は低いが、大気が安定な夜間は拡散希釈さ

ウズラ

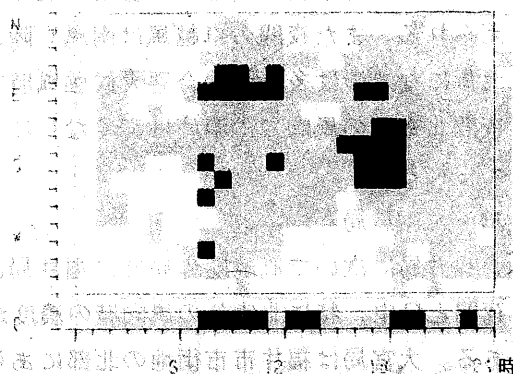


図-8-7 時刻別風向別濃度パターン

モリタ

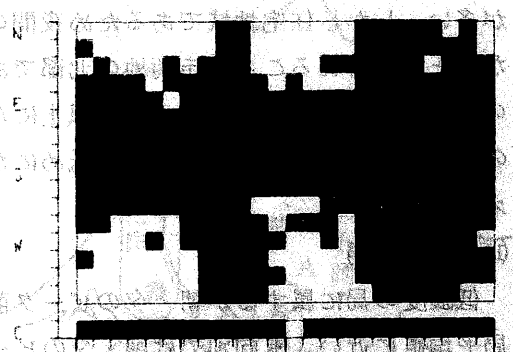


図-8-8 時刻別風向別濃度パターン

アソウジ

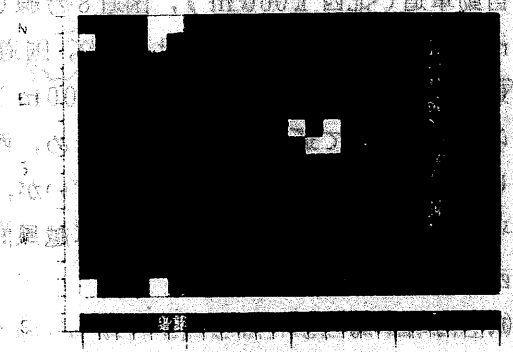


図-8-9 時刻別風向別濃度パターン

フクイ

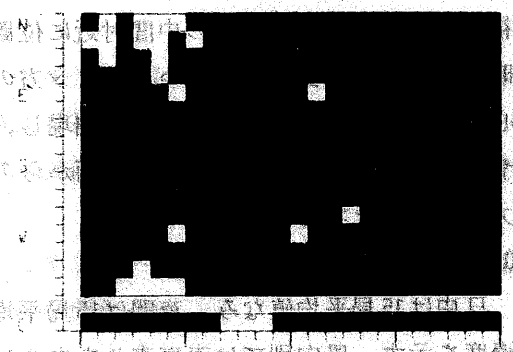


図-8-10 時刻別風向別濃度パターン

れないまま汚染質が到達して影響が現われるものと考えられる。また夜間の卓越風は南風（陸風）であり、北風になるのは多くの場合悪天候強風時であるため、夜間北寄りの風向での濃度は高くなりにくいものと考えられる。

(12) 大宮局

福井局に次いで高濃度の局で、福井局との相違点は夜間と日中、特に北寄りの風向時の濃度が低いことである。大宮局は福井市市街地の北部にあり、明治橋開発線（北側 300 m）、鯖江丸岡線（東側 300 m）、福井加賀線（西側 800 m）等に近く、また付近は細街路が多い。しかし住宅地域であるため夜間の交通量は少ないと考えられること、市街地の北部であるため北風の卓越する日中は市街地中心部の風上になることなどの理由により夜間と日中は濃度が低めになるものと考えられる。

(13) 足羽局

低濃度の局に属するが朝・夕のピーク前の濃度は15局平均値に近い。風向別では朝・夕のピーク時は全方位の風向で濃度が高く、夜間は西寄りの風向で濃度が高い。足羽局は福井市南東部の田園地帯にあり、北陸自動車道（北西 1,000 m）、国道 8 号線（北西 2,500 m）等が北側から西側にかけて通り、国道 158 号線（北東 1,500 m）、福井今立線（東側 600 m）等が北側から東側にかけて通っている。このため、西寄りや北寄りの風向で特に濃度が高くなりやすいが、濃度が15局平均値に近い朝・夕のピーク前の卓越風向はそれぞれ西寄りと北寄りである。

(14) 河合局

低濃度の局に属する。風向別では南東寄りの風向で濃度が高い。河合局は福井市北部の田園地帯にあり、付近の主要道路は福井加賀線（東側 600 m）である。福井市中心部と春江局との中間付近に位置するため、時系列変化は春江局に似ているが、夕方のピークの中心は春江局よりやや早く（20時）出現し、また濃度もやや高い。これは福井市市街地方面からの影響がより大きいと考えられる。

(15) 社局

日中は15局平均値なみ、夜間は15局平均値より低い濃度を示す。風向別では南東寄りを中心に濃度が高く朝方・夕方はほぼ全方位の風向で濃度が高い。社局は

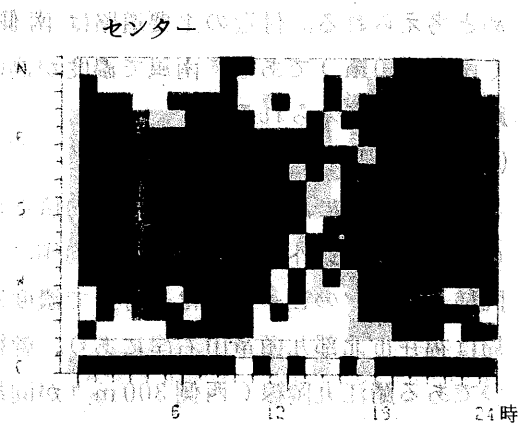


図-8-11 時刻別風向別濃度パターン

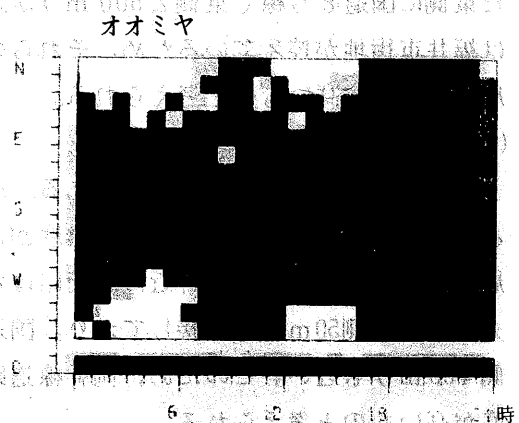


図-8-12 時刻別風向別濃度パターン

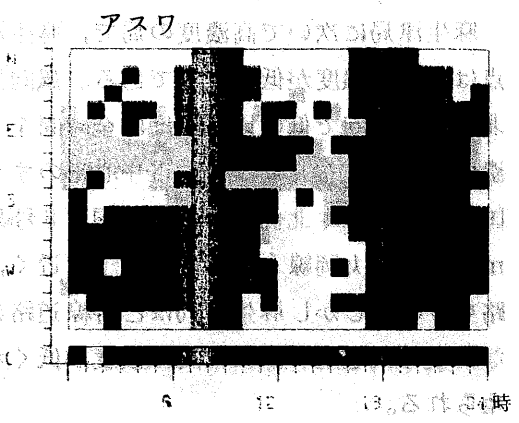


図-8-13 時刻別風向別濃度パターン

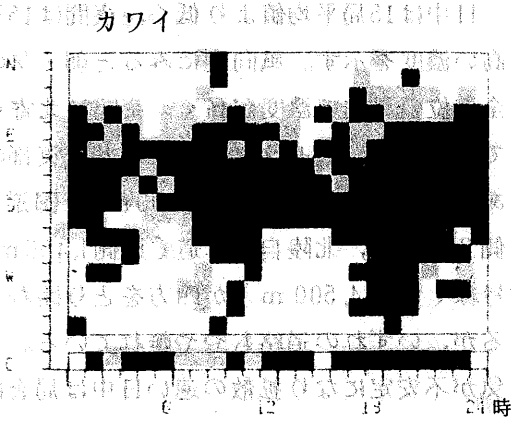


図-8-14 時刻別風向別濃度パターン

福井市市街地の南西部にあり、付近を環状西線(東側200m)、福井朝日線(南側100m)が通る。環状西線は日中の交通量が多い(約11,000台/12時間)ので社局の濃度に大きく寄与していると考えられるが、夜間は国道8号線のような幹線道路に比べると交通量の減少度が大きく、汚染質発生量も少なくなるものと考えられる。

4. 観測局のグループ分け

以上の考察のまとめとして年平均値と時系列相関係数(15局平均値と各局の時刻別平均値24個についての相関係数)をもとに15の観測局を5つのグループに分け、図-9に示した。

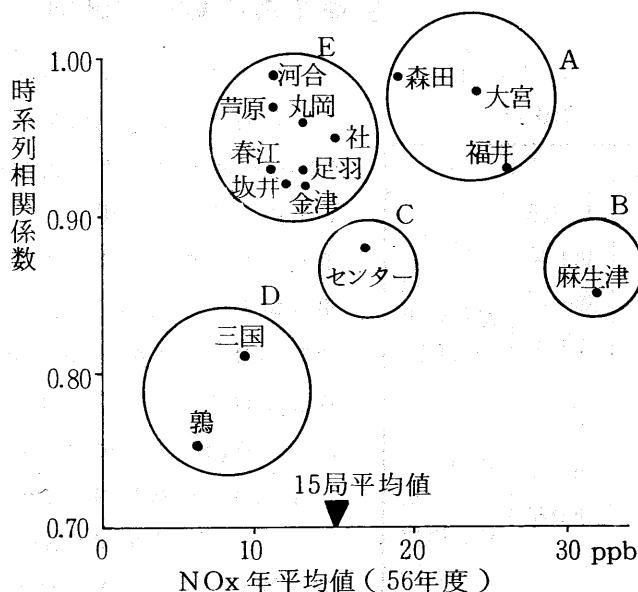


図-9 観測局のグループ分け

A群は森田・大宮・福井の3局で、相関が高く濃度も高い。坂井地区と福井地区の境界に近い森田局が最も15局平均値との相関が高く、以下大宮、福井の順に福井市の中心部に近づくにつれ相関は低くなり、濃度は高くなる。

B群は麻生津局で、濃度は最も高いが、相関はやや低い。これは幹線道路に近接しているためと考えられる。

C群はセンター局で、濃度は中位で相関はやや低い。センター局は福井市の東部に位置し、時系列変化は日中は15局平均値より低く、夜間は15局平均値より高いという特徴がある。

D群は三国局と鶉局で、濃度が低く相関も低い。この2局は坂井地区・福井地区の西部に位置する。

E群はA～D群以外の8局で、濃度は15局平均値以下であるが、相関は高い。森田局同様、坂井地区と福井地区の境界に近い河合局が最も15局平均値との相関が高い。

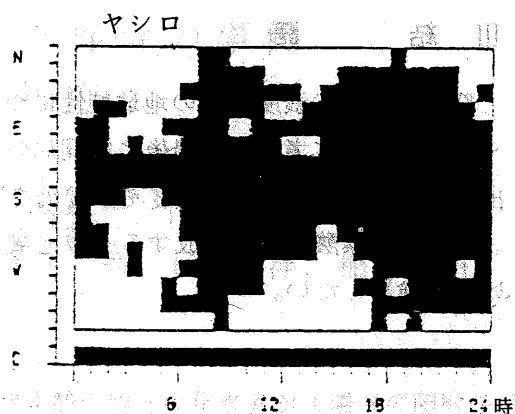


図-8-15 時刻別風向別濃度パターン

III 結 語

窒素酸化物の濃度分布の地域特性について、各観測局ごとに時系列変化、時刻別風向別濃度パターン等をもとに考察し、最後に観測局のグループ分けを行った。その結果各観測局における濃度の出現状況について、ある程度その要因を周辺の移動発生源の分布等から推測することができた。

今後は窒素酸化物を構成する一酸化窒素と二酸化窒素の濃度分布の違い、およびその要因等についても検討したい。



図1 観測局の分布状況（東京圏）
（注）東京圏とは、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県、茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県、静岡県、愛知県、岐阜県、富山県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、高松市、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、大分県、熊本県、鹿儿岛県、沖縄県を指す。

（注）東京圏とは、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県、茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県、静岡県、愛知県、岐阜県、富山県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、高松市、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、大分県、熊本県、鹿儿岛県、沖縄県を指す。

（注）東京圏とは、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県、茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県、静岡県、愛知県、岐阜県、富山県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、高松市、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、大分県、熊本県、鹿儿岛県、沖縄県を指す。