

「調査研究事業報告」

## 12 交差点付近の窒素酸化物、一酸化炭素濃度に及ぼす交通量、風向・風速の影響について

【大気騒音科】

田中卓実・朝倉 学  
中村仁志・田中長義

### 1. はじめに

自動車の渋滞の著しい交差点周辺や交通量の多い主要幹線道沿道では、自動車排気ガスによる大気汚染が懸念されている。

鳥取県においても平成5年度に鳥取市の主要交差点である栄町交差点周辺を対象に窒素酸化物の濃度分布調査を実施し、昨年度からはその1地点を定点として自動測定機により常時、窒素酸化物、一酸化炭素濃度を測定している。

今回、この常時測定結果をもとに、窒素酸化物濃度等に及ぼす自動車交通量、風向・風速の影響について考察したので報告する。

### 2. 解析に用いたデータ

NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO濃度（1時間値データ数NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>各8,715 CO 8,705）及び風向・風速データは図1に示す栄町交差点局の平成6年度測定結果を用いた。

また、栄町交差点を通過する自動車交通量については鳥取県警察本部交通部から提供のあった延べ192時間分のデータ（データ数192）を用いた。

### 3. 調査結果

栄町交差点局の平成6年度測定結果の概要は表1のとおりであり、環境基準項目NO<sub>2</sub>、COは環境基準に適合していた。



図1 測定地点図

表1 平成6年度測定結果の概要

	平均値	1時間値の最高値	日平均値の最高値	日平均値の年間98%値	環境基準適合状況
NO (ppb)	21	262	112	64	—
NO <sub>2</sub> (ppb)	22	81	38	35	適
NO <sub>x</sub> (ppb)	42	312	145	92	—
CO (ppm)	0.9	5.6	2.8	1.8	適

### (1) 窒素酸化物濃度等の経月変化

月平均値の経月変化を図2に示す。

図2によるとNO<sub>x</sub>濃度、CO濃度は11月から2月にかけての冬期に高い。これは気温の逆転層の発生、継続によりNO<sub>x</sub>、COの拡散が抑制されるためと考えられる。NO<sub>2</sub>はNO<sub>x</sub>やCOほど大きな濃度変動はなく、特に高濃度ではないが、春期にはNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比が70%近くまでなり、3-4月頃は冬期とともに比較的に濃度が高くなることわかった。

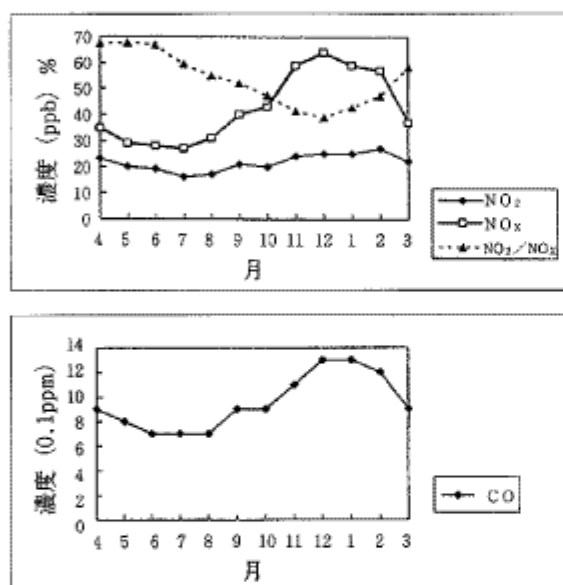


図2 経月変化

### (2) 窒素酸化物濃度等の日内変化

春期(4~6月)、夏期(7~9月)、秋期(10~12月)、冬期(1~3月)別に各時刻における1時間値の平均値を基にした日内変化を図3に示す。これよりNO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、COの濃度レベルは春~夏期と秋~冬期では大きく違うことがわかる。これらの濃度は朝夕2回の通勤時間帯にピークをもつ二山型を示しており、朝はいずれの物質、時期においても8時から9時にかけて濃度ピークが見られる。夕方方のピークは時期により出現時刻の相違がみられ、春期における濃度ピークは他の時期に比べ1時間程度遅れる傾向が認められた。またNO<sub>2</sub>濃度はピーク後、緩やかに低下する傾向が見られ、秋期、冬期に顕著に認められた。

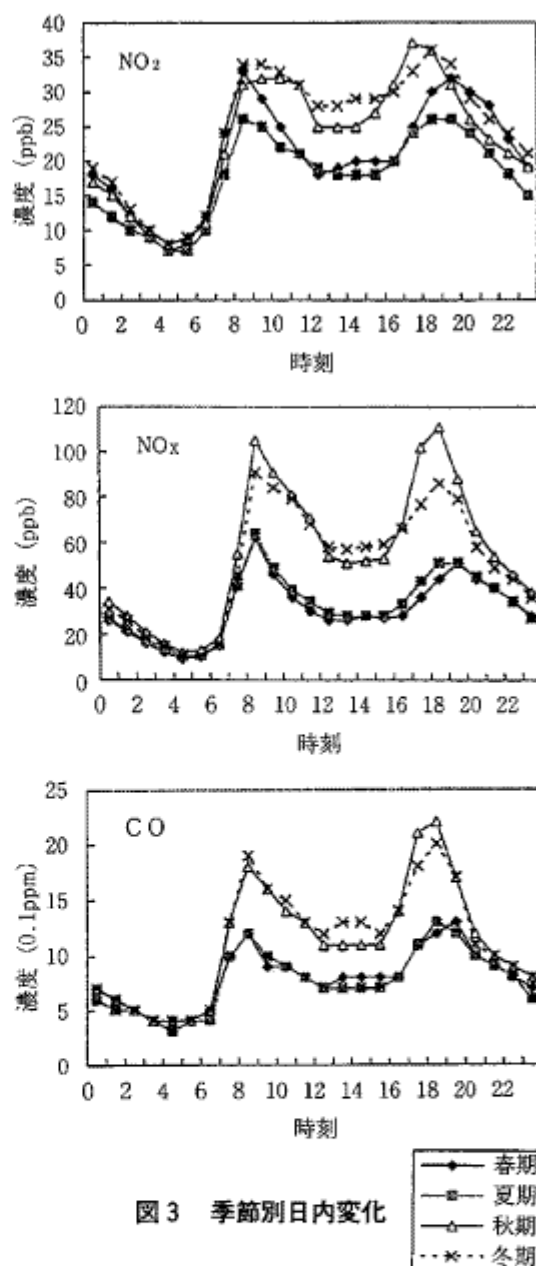


図3 季節別日内変化

### (3) 交通量との関係

平日と休日の交差点交通量を比較するため同じ月の平日と休日のデータを春期(5月)、夏期(8月)、秋期(11月)、冬期(2月)について収集使用した。調査日は風向・風速がなるべくこの地域の代表的な状況(主風向が東南東で平均風速2 m/s以下の弱風)である日を選定した。(表2) この交通量のデータから平日、休日別の1時間おきの平均交通量を算出し、図4に示した。これによると平日と休日の交通量の違いは午前

表2 交通量調査日の概況

調査日 (7:00~翌日7:00)	出現風向	平均風速(m/s)	天気
平成6年5月1日(日)~5月2日(月)	ESE 29% E 21%	0.9	曇時々雨
5月11日(水)~5月12日(木)	NW 25% E 21% ESE13%	0.9	雨
8月26日(金)~8月27日(土)	ESE 33% SSE 21%	1.3	晴
8月28日(日)~8月29日(月)	ESE 42% NW 25%	1.5	晴
11月6日(日)~11月7日(月)	ESE 42%	1.0	曇後晴
11月30日(水)~12月1日(木)	ESE 29% E 21%	0.8	晴
平成7年2月12日(日)~2月13日(月)	ESE 46% E 25% SE 21%	0.7	曇後雨
7年2月13日(月)~2月14日(火)	ESE 33% SE 21% E 13%	0.9	曇時々雨

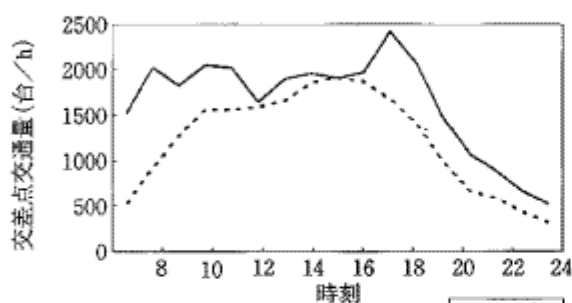


図4 交差点交通量の日内変化

中と夕方に顕著に見られる。また平日の交通量は比較的複雑なパターンを示したのに対し、休日の交通量は、朝から徐々に増加してゆき夕方前にピークが現れる一山型の単純なパターンを示した。

表3に調査時期(調査月)ごとの交差点交通量、各測定物質濃度間の相関係数を示す。

表3 調査項目間の相関係数

春期			
	交通量	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
NO <sub>2</sub>	**0.805		
NO <sub>x</sub>	**0.735	**0.917	
CO	**0.790	**0.861	**0.943
夏期			
	交通量	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
NO <sub>2</sub>	**0.814		
NO <sub>x</sub>	**0.799	**0.848	
CO	**0.804	**0.834	**0.942
秋期			
	交通量	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
NO <sub>2</sub>	**0.900		
NO <sub>x</sub>	**0.743	**0.857	
CO	**0.771	**0.808	**0.948
冬期			
	交通量	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
NO <sub>2</sub>	**0.916		
NO <sub>x</sub>	**0.947	**0.888	
CO	**0.956	**0.823	**0.946

\*\*有意水準1%で有意

交通量と各測定物質濃度間の相関係数は表2の期間のデータ(n=48)、また各測定物質濃度間の相関係数は春期(4月~6月)、夏期(7月~9月)、秋期(10月~12月)、冬期(1月~3月)の全データを使用して計算した。

これによると各時期とも全項目間に有意水準1%で有為な相関が認められた。交通量と測定物質濃度の関係ではどの項目も同程度の相関が認められた。時期で言えば2月の相関が最も高く、5月が最も低い結果であった。

測定物質濃度間の関係ではNO<sub>x</sub>濃度とCO濃度の相関が特に高かった。NO<sub>x</sub>濃度とCO濃度の相関係数は時期によらずほぼ一定であったが、NO<sub>2</sub>濃度とCO濃度、NO<sub>2</sub>濃度とNO<sub>x</sub>濃度の相関は時期により多少の相違が見られた。

また、調査時期ごとに各測定物質濃度と交差点交通量との関係を単回帰式で表すと図5のとおりとなった。

各時期の単回帰式を比較すると、傾きはどの測定物質とも冬期に高く、夏期に低い結果となった。この傾きは、自動車1台当たりの排ガスの環境大気への影響の大きさを表すものであり、この傾きの違いは排ガスの拡散の程度の違いによるものと考えられ、大気安定度の違いによるものと思われる。

一方、交差点交通量に起因しないバックグラウンド濃度を示すy切片については、調査時期による大きな違いはなかったが、冬期のNO<sub>2</sub>の値が他の時期に比べやや高い結果となり周辺地域からの汚染物質の移流の影響を思わせた。

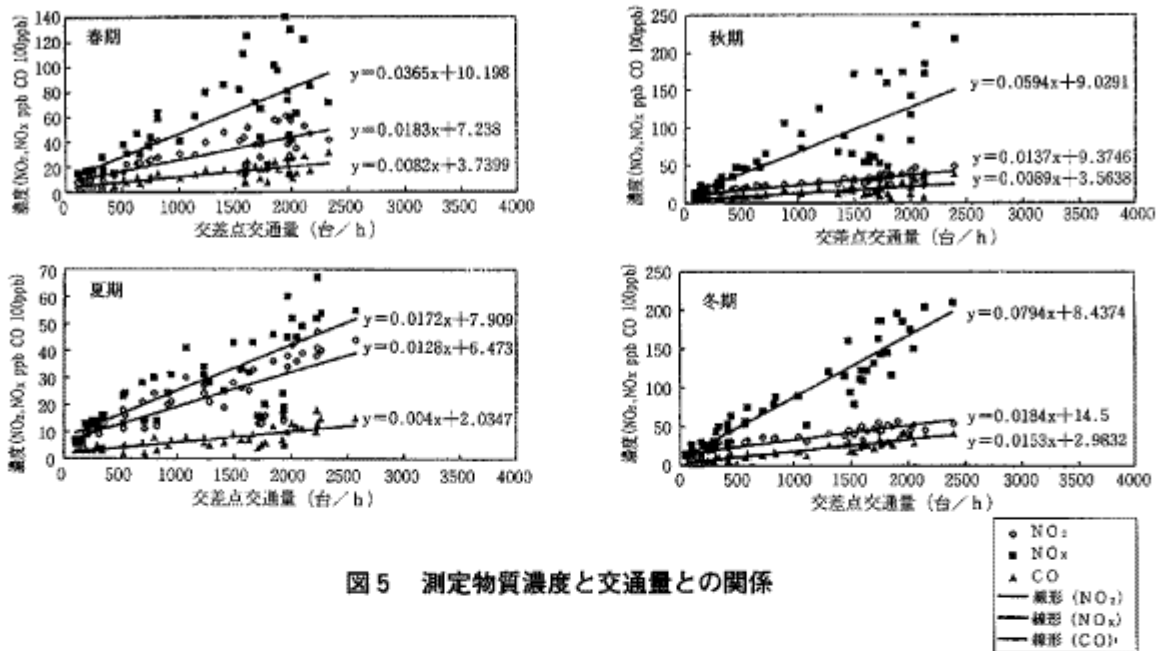


図5 測定物質濃度と交通量との関係

(4) 平日、休日、土曜日の日内変化の比較

自動車交通量は上記のように平日と休日でかなり違うため、各測定物質濃度も平日と休日ではかなり違うはずである。そこでどの程度の違いがあるのか見るため、図6に平日、休日(日曜日、祝日)、土曜日における各測定物質濃度の日内変化を示す。各時刻における濃度は1時間値の年間平均値を用いた。

平日と休日を比較すると、どの測定物質についてもピーク濃度はかなり違っている。平日のピーク濃度を1とした場合の休日、土曜日のピーク濃度の比は表4のとおりであり、特にNO<sub>x</sub>、COの場合、休日の8時~9時に現れるピーク濃度は平日の5割程度の濃度であった。一方、土曜日のピーク濃度についてはNO<sub>x</sub>とCOの8時~9時のピーク濃度が平日に比べ2割程度低かったが、それ以

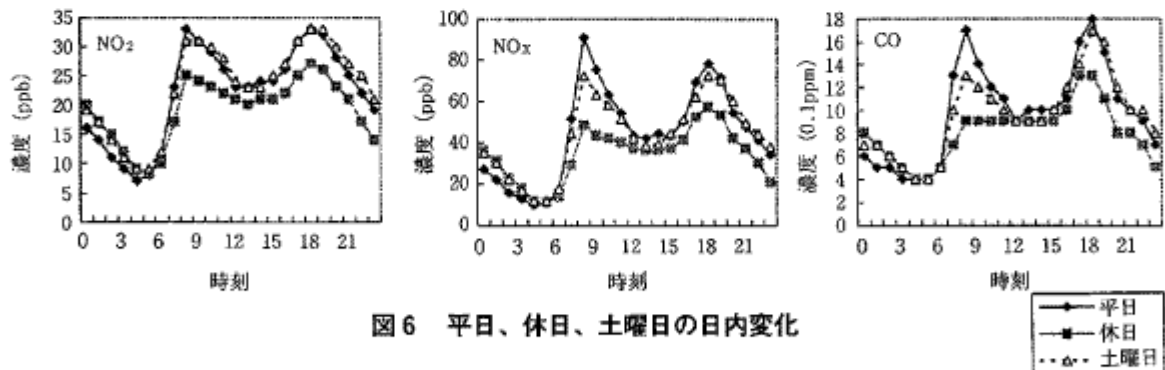


図6 平日、休日、土曜日の日内変化

表4 測定物質のピーク濃度、ピーク濃度比

測定物質	日	朝のピーク濃度 [ppb or 0.1ppm]		夕方のピーク濃度 [ppb or 0.1ppm]	
		平日	休日	平日	休日
NO <sub>2</sub>	平日	33 (1.00)	25 (0.76)	33 (1.00)	27 (0.82)
	休日	31 (0.94)	33 (1.00)	33 (1.00)	27 (0.82)
	土曜日	31 (0.94)	33 (1.00)	33 (1.00)	27 (0.82)
NO <sub>x</sub>	平日	91 (1.00)	48 (0.53)	78 (1.00)	57 (0.73)
	休日	72 (0.79)	48 (0.53)	78 (1.00)	57 (0.73)
	土曜日	72 (0.79)	48 (0.53)	72 (0.92)	57 (0.73)
CO	平日	17 (1.00)	9 (0.53)	18 (1.00)	13 (0.72)
	休日	13 (0.76)	9 (0.53)	18 (1.00)	13 (0.72)
	土曜日	13 (0.76)	9 (0.53)	17 (0.94)	13 (0.72)

( ) はピーク濃度比

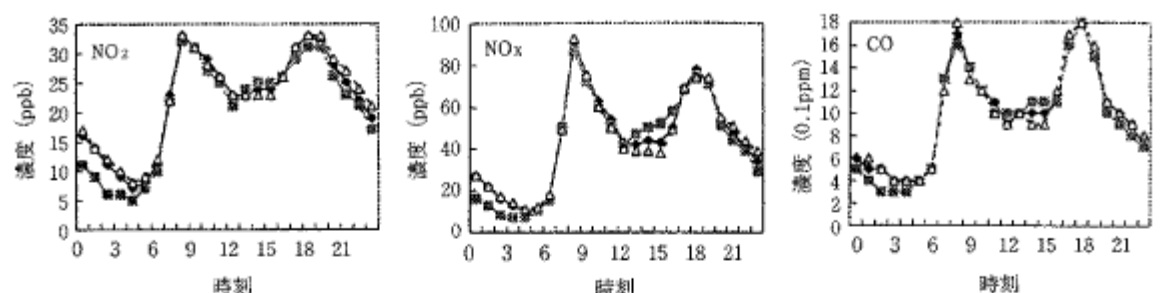


図7 月曜日、金曜日の日内変化

外大きな違いはなかった。

また早朝の濃度を比較すると平日に比べ土曜日、休日の方が高くなっており、週末の夜間交通量の増加によるものと推測される。参考に月曜日と金曜日の日内変化を図7に示す。

#### (5) 風向・風速との関係

次にこの交差点付近を吹く風の影響を調べるため、測定局の隣のビル（3階）の屋上に設置している風向風速計の春期（4～6月）のデータを用い、NO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度との関係を分析した。

年間の風向風配図（図8）を見ると北西と東南東の風がそれぞれ20%以上の頻度で卓越していた。この傾向は季節にかかわらずほぼ同様であり、春期は西北西～北北西の北西系の風、東～南東の東南東系の風それぞれが約40%を占めていた。図9は春期の場合の風向の風速階級別の出現頻度図であるが、東南東系の風は大半が2.0m/s未満の弱風であり、一方北西系の風は約50%が2.0m/s以上の比較的強い風であった。

そこでNO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度と風向及び風速との関係を考察するため、風向が東南東系、北西系それぞれの場合について、風速階級別の平均NO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度を図10に示す。

各風速階級別に両風向系を比べると、どの風速階級（ただし2.5m/sまで）においても東南東系の風の場合の方が高濃度となっている。これは北西系の風の場合、風上が後背地であるのに対し、東南東系の場合は交差点が風上になるという違いによると思われる。東南東系の場合は風向と平行な一方の道路内の自動車排ガスが移流されてくることになり、北西系の場合に比べ高濃度になるも

測定局：栄町交差点

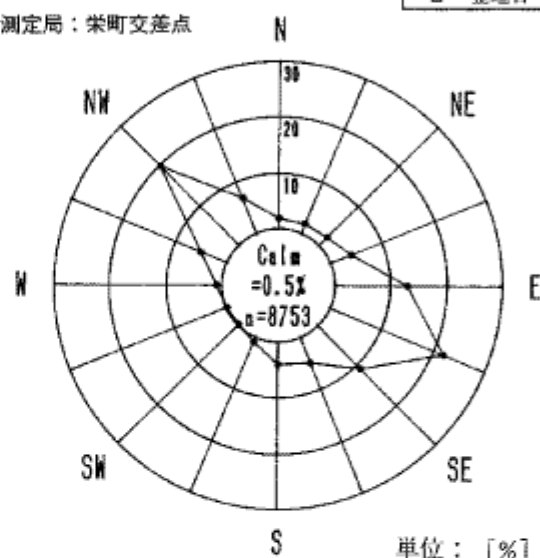


図8 風向風配図（年間）

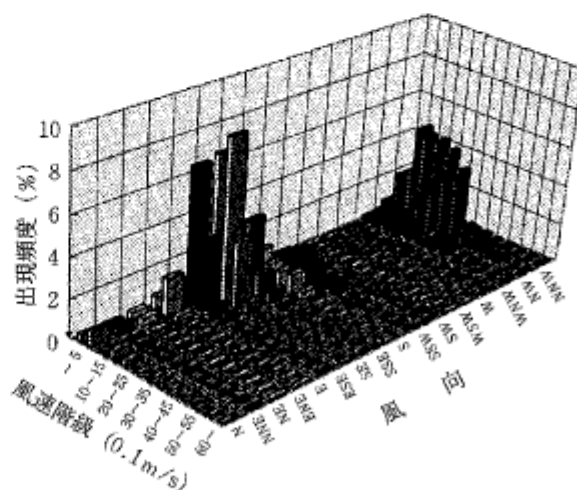


図9 風向の風速階級別出現頻度（春期）

のと推測される。また、風速との関係を見ると東南東系、北西系のどちらの風向の場合も風速が強くなるに従いNO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度が低くなる傾向があることがわかる。この傾向は、風速が強くなるほど道路内での自動車排ガスの風下側への移流、

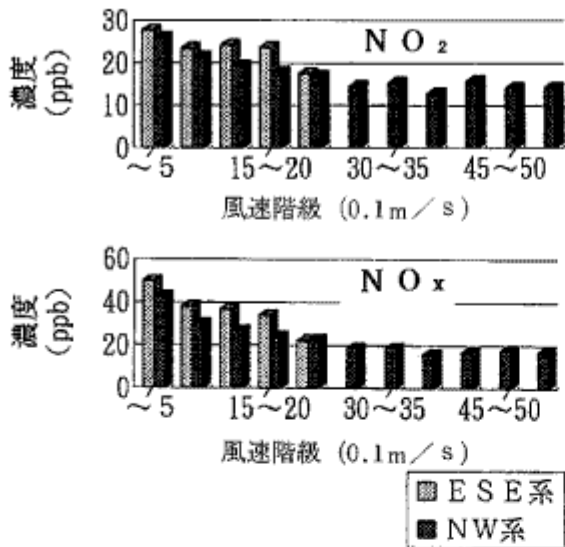


図10 風速階級別平均NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>濃度

拡散の効果が大きくなるためと考えられる。この傾向が広い風速幅で現れた北西系の風の場合についてNO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>を対象に各風速階級における平均風速と平均濃度との関係を対数式にあてはめたと比較的良好な近似となった。(図12)

以上の、風向の風速階級別の出現頻度、NO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度と風向・風速との関係から風向が東南東系の場合、北西系の場合に比べて高濃度になる条件がそろっていることがわかった。実際に各風向系全体の平均NO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度を比べるとNO<sub>2</sub>濃度は東南東系が24ppb、北西系が17ppb、NO<sub>x</sub>濃度は東南東系が37ppb、北西系が24ppbと大きな濃度差があった。

また、風向が東南東系、北西系それぞれの場合について、風速階級別の平均NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比を図11に示す。NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比は一般にNOからNO<sub>2</sub>への変換の程度の目安となるが、風向・風速によるNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比の変動は①NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比の大きい外部大気の流れ、交換、②オキシダント濃度の高い外部大気の流れによるNO<sub>2</sub>の生成の2つの効果の影響が大きいものと思われる。この測定地点では大部分の風速階級で北西系の風の場合の方が値が大きくなる傾向があるが、これは①、②両方の効果によるものと思われる。すなわち、北西系の風は後背地から吹いてくるため、交差点方向から吹いてくる東南東系の風に比べNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比が元々大き

く、またオキシダント濃度も高いためNO<sub>2</sub>への酸化反応が進み、NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比が大きくなるものと思われる。また、風速が強くなるに従いNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比が大きくなる傾向があるのは外部大気の流れ、交換がより容易に進むためと推測される。

図13にNO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>の濃度階級別出現頻度を示す。NO<sub>2</sub>は東南東系の風の場合、5~15ppbの濃度階級に出現頻度のピークがあり、高濃度になるにつれて徐々に出現頻度が減少する傾向が見られたが、この風向で60ppb以上の高濃度の出現があることもわかった。北西系の風の場合は10~20ppbに突出した出現ピークを持つ正規分布に近い分布を示し、約50%がこの10~20ppbの濃度範囲に含まれていた。一方NO<sub>x</sub>もNO<sub>2</sub>と同形の出現パターンを示し東南東系、北西系の風の場合、共に10~20ppbの濃度階級にピークを持つ分布となった。なお、CO濃度については検討しなかったがNO<sub>x</sub>濃度との相関が高いことからNO<sub>x</sub>濃度と同様の傾向を示すものと思われる。

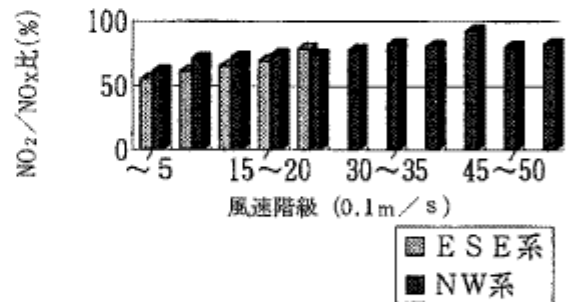


図11 風速階級別平均NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比

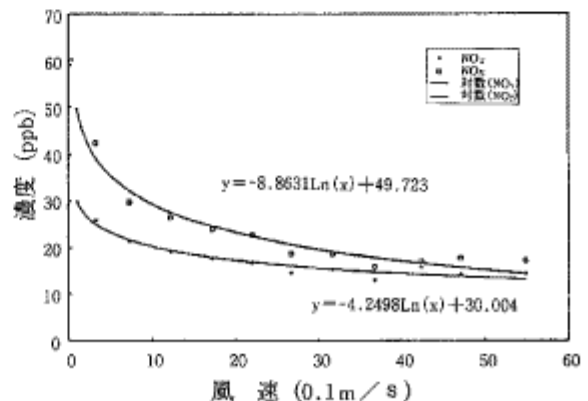


図12 平均風速と平均濃度との関係

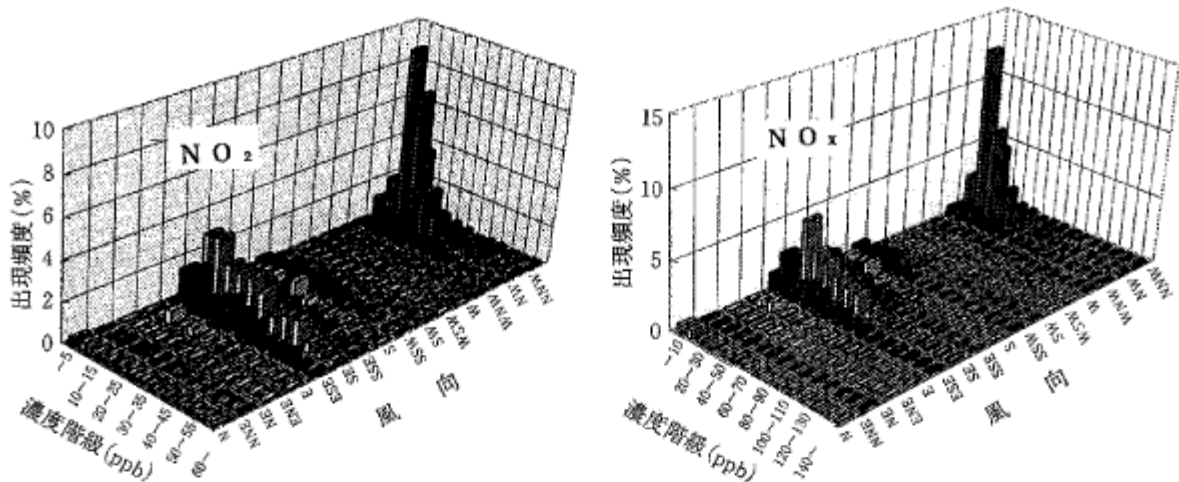


図13 NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>濃度階級別の出現頻度（風向別）

#### (6) 具体的事例の解析

春期の5月1日(日)7時～5月2日(月)7時、5月11日(水)7時～5月12日(木)7時および冬期の2月12日(日)7時～2月14日(火)7時のNO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO濃度の経時変化を交通量、風向・風速の経時変化と比較した。(図14～16)

##### I) 5月1日(日)～5月2日(月)

1日の10時頃、風向がそれまでの東系の風から北西系の風に変わり15時頃まで継続した。また、それと同時に平均風速も1.0m/s未満の微風から短時間のうちに2.5m/s程度まで強まったが、その後徐々に弱まっていき16時頃には1.0m/s以下の微風になっていた。この風向・風速の変化に対しどの測定物質濃度も低下したが、特にNO<sub>x</sub>の濃度低下は著しく82ppbから15ppbと77ppb低下した。この時の各測定物質濃度は一般環境大気中の濃度と同程度であった。またNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比も最大0.87で外部大気による排ガスの掃き出し、換気の効果が大きく作用したものと思われる。その後、翌2日の7時まで風向は北東～南南東、平均風速も0.4～1.2m/sと比較的安定して穏やかだった為か、各測定物質濃度は、多少のずれはあるものの、交通量にかなり連動した変動を示した。

##### II) 5月11日(水)～5月12日(木)

期間中は北西系と東南東系の風向が交互に現れた。通勤時間帯に北西系の風が吹いたため、交通量が二山型のパターンを示したにもかかわらず測定物質濃度は二山型のパターンを示さなかった。

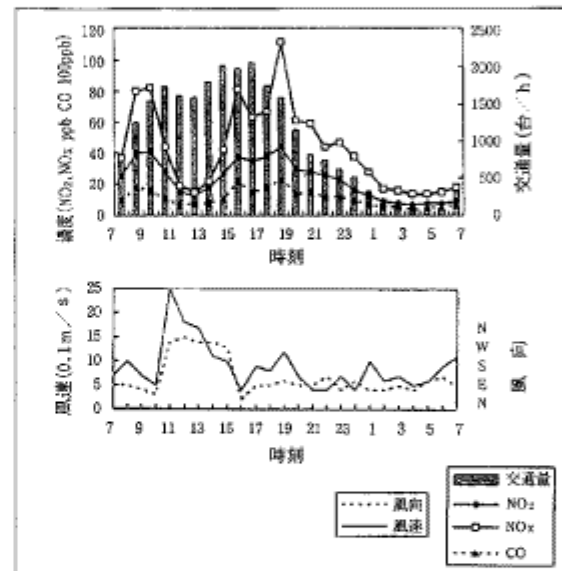


図14 事例I (5月1日～5月2日)

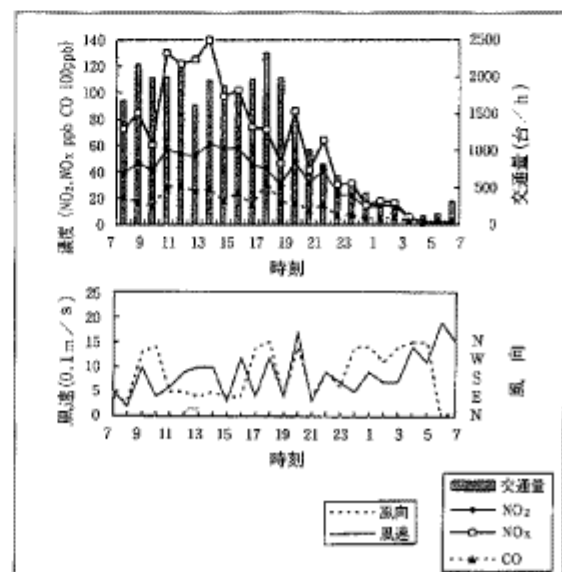


図15 事例II (5月11日～5月12日)

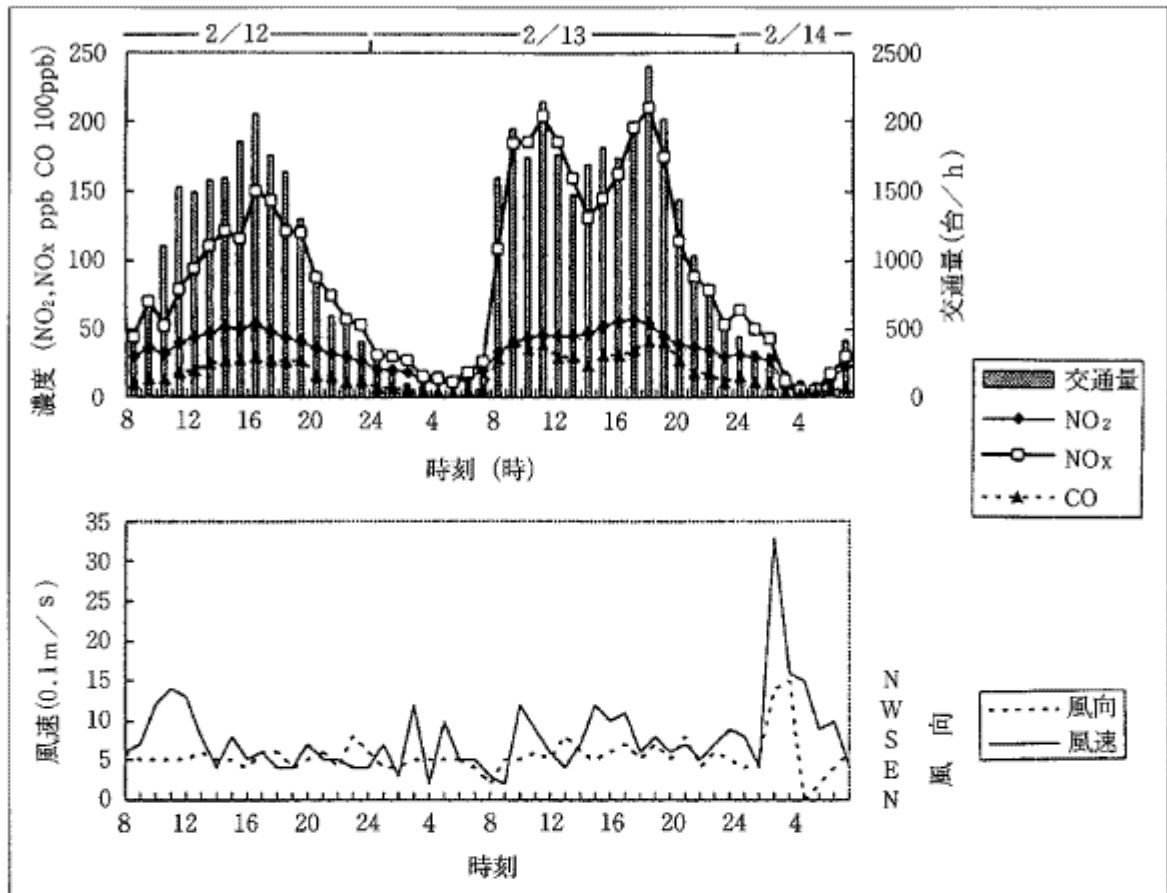


図16 事例Ⅲ（2月12日～2月14日）

### Ⅲ）2月12日（日）～2月14日（火）

交通量は12日が一山型、13日が二山型とそれぞれ休日、平日の典型的なパターンを示した。期間中は東南東系の風が全体の約80%を占め風速も14日の早朝を除き1.5m/s以下の弱風で変化が少なかった。このため、いずれの濃度もこの地点としてはかなり高濃度となり、NO<sub>x</sub>濃度、CO濃度は交通量に連動した変動を示した。

## 4. ま と め

交差点と隣り合わせの自動車排出ガス測定局において、自動車排出ガスに起因するNO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>、CO濃度と濃度変動要因として影響が大きいと思われる交差点交通量、風向・風速との関係を解析したところ次の知見を得た。

(1) NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>、COは春期、夏期より秋期、冬期に濃度が高く、朝夕二山型の濃度パターンを示した。これを最も端的に表した項目はNO<sub>x</sub> (NO)

でありCOも類似の傾向を示したがNO<sub>2</sub>は二次生成物であるため他の項目とは若干異なる濃度パターンとなった。

(2) これら測定物質の濃度と交差点交通量の相関を各季節ごとに調べたところ、いずれも1%の有意水準で有為であり、季節を問わず相関が高いことがわかった。

(3) 測定物質濃度と交差点交通量の関係を単回帰式で表すと自動車1台当たりの排ガスの影響を示す傾きの大きさは季節による相違が見られ、大気の安定度の違いなどによる影響を受けていることがわかった。また交通量に起因しないバックグラウンド濃度を示すY切片については季節による大きな違いはなかった。

(4) 交差点交通量がかなり違う平日と休日では各測定物質の濃度パターンに相違が見られた。特に休日の午前中のピーク濃度はNO<sub>x</sub>、COの場合、平日の5割程度の濃度であった。



(5) 測定局が設置されている交差点の一角周辺においては北西系の風、東南東系の風が年間を通じて卓越していた。両風向系の場合の平均濃度を比較すると東南東系の風の場合が北西系の風の場合よりNO<sub>2</sub>で7ppb、NO<sub>x</sub>で13ppbも高く、かなりの濃度差であった。これは風上の影響、風速分布の違いが原因として考えられた。

(6) 各測定物質の日内変化は交差点交通量の変化に対してかなりの対応を示したが、交通量の日による違いは濃度の日による違いほど大きくはなく、風向・風速等気象要因による変動が大きいものと

思われる。

## 文 献

- 1) 堀 素夫ほか：大気環境のサーベイランス測定・設計・解析、東京大学出版会、1984
- 2) 田中卓実ほか：鳥取市街地における窒素酸化物汚染実態調査について、鳥取県衛生研究所報、34、63～74 (1994)
- 3) 環境庁大気保全局：窒素酸化物総量規制マニュアル「改訂版」(1993)