

VIII 調 査 資 料

沿道の大気環境について

齋藤 勝美 小玉 幹生

1 はじめに

自動車による大気汚染が社会的な問題の一つとして注目されて20年以上にもなる。この間、自動車は石油需給関係の中にあっても、普及が続き道路交通量も増加している。

一方、自動車の排出ガス規制は昭和41年に初まり、現在まで未規制時を100として、窒素酸化物は56～8、一酸化炭素は5とかなり強化されてきている。

しかし、自動車排出ガスの数次にわたる規制の強化にもかかわらず、道路沿道付近の窒素酸化物濃度は一酸化炭素濃度が顕著な減少を示しているのに対して、横ばいか又は漸減となっている。また、本県特に秋田市内の自動車排ガスにおいても、一酸化炭素は低減しているものの、窒素酸化物は横ばい若しくは増加の傾向を示している。

そこで、このような全国的な背景を踏まえながら自動車排ガスによる環境を考える基礎資料とする目的で、本県の沿道付近の大気環境と自動車交通量との関係を検討してみた。

2 自動車から排出される大気汚染物質（自動車公害ハンドブックによる）

2-1 自動車排出ガスの種類

自動車から発生する排出ガスはエンジンの種類等によって異なるが、表-1のとおり排気ガス、ブローバイガス、燃料蒸気ガスの三つに分けられる。

表-1 自動車排出ガスの種類

排出ガスの種類	発生原因	発生するエンジンの種類	備考
排気ガス	エンジン内で燃料（ガソリン、LPG、軽油）が燃焼する結果発生する。	すべてのエンジン	
ブローバイガス	エンジンの圧縮工程や燃焼工程で、燃料ガスの一部が、クランクケース内に吹き抜けることにより発生する。	ガソリンエンジン（4サイクルのみ、但し、LPG車も含む）	ブローバイガス還元装置の義務付け（S 45.9）により、排出割合は無視できるようになった。
燃料蒸気ガス	燃料タンクや気化器から、燃料が蒸発して発生する。	ガソリンエンジン（但し、LPG車からは発生しない）	蒸発ガス防止装置の義務付け（S 47.7）により排出割合は無視できるようになった。

2-2 自動車排出ガス中に含まれる大気汚染物質

自動車排出ガス中に含まれる大気汚染物質としては、大気汚染防止法で「自動車排出ガス」とし

て定められ、規制対象物質とされている一酸化炭素（CO）、炭化水素（HC）、窒素酸化物（NO_x）（ほとんど一酸化窒素（NO））、粒子状物質及び鉛化合物があげられる。

この他、軽油中に含まれている硫黄（S）の燃焼により発生する硫黄酸化物（SO_x）、燃料の燃焼等に直接関係はないが、自動車の運行に伴うブレーキ、クラッチ、タイヤの摩耗による粒子状物質などである。

なお、自動車からの排出ガスの影響をみるため、秋田県では沿道においてCO、NO_xを自動測定機で測定している。

2-3 大気汚染物質の発生原因と発生機構

自動車排出ガス中の主要な大気汚染物質の発生原因と発生機構は表-2のとおりである。なお、発生機構は主としてガソリンエンジンである。

表-2 大気汚染物質の発生原因と発生機構

大気汚染物質の種類	発生原因	発生機構
CO	燃料の不完全燃焼により発生する。	排気ガス中のCO濃度は空燃比によってほとんど一義的にきまり、空燃比16以下では空燃比の低下とともに急激に増加する。また、同一空燃比でも混合気が不均質で局部的に極端な酸素不足になったり、冷却によって消炎が起るような場合にもCO濃度が高くなる。
SO _x	軽油中の不純物であるSの燃焼により発生する。	Sの燃焼により発生するSO _x は、大部分がSO ₂ である。
鉛化合物	ガソリン中にアンチノック剤として添加されているアルキル鉛（四エチル鉛、四メチル鉛等）の燃焼・酸化によって発生する。	アルキル鉛は燃焼によって、数μ以下の鉛化合物の微粒子となって排出される。 なお、ガソリンの無鉛化対策（S.49.9 通産決定）の進展に伴ない、現在ではプレミアムガソリン以外は、アルキル鉛を含んでいない。
HC	燃料の不完全燃焼及び気化した燃料の漏れが原因となって発生する。 但し、後者は、ブローバイガスと燃料蒸発ガスの規制によりほとんど問題がなくなった。	排気ガス中のHCについては、局部的な燃焼の不完全さに起因するものと考えられている。 エンジン燃焼室壁面は低温に保たれているため、壁面に接したごく薄い層内の混合気中では火炎伝ばが起らず、未燃焼ないし不完全燃焼となる。しかし、燃焼ガス中に十分なO ₂ がある場合には、かなりの部分が酸化される。このため、空燃比が小さい場合O ₂ が不足して燃焼が不完全になり、HCが排気ガス中に多くなる。また極端な希薄混合気（18以上）になると火炎伝ばが遅くなったり失火を起したりして排気ガス中のHCは増大する。

大気汚染物質の種類	発生原因	発生機構
NO _x	燃焼過程で、混合気（空気と燃料）中の窒素と酸素が高温で反応して発生する。	燃焼過程において混合気中のN ₂ とO ₂ から生成される窒素酸化物の大部分はNOで、ほかに少量のNO ₂ が含まれている。 排気ガス中におけるNO濃度は、空燃比と燃焼最高温度に強く依存している。空燃比16付近の混合気で最高となり、それより過濃側でも希薄側でも比較的急速低下する。また、燃焼ガス温度の影響は、空燃比が一定の場合NO濃度は、ガス温度の上昇とともに加速的に増大する。
粒子状物質（黒煙）	燃料の不完全燃焼により、発生する。 この他、ブレーキの磨耗等によっても発生するが、ここでは採りあげない。	黒煙は燃料の不完全燃焼によって発生するもので、炭素が主体となっている。 自動車から排出されるすすは0.02～0.04μ程度の微細炭素粒子が集まった粒径1～30μ程度の粒子のものが多く、ガソリン車から排出されるすすの量は、燃料1トン当たり2kgといわれている。ジーゼル車の場合には、ガソリン車よりもはるかに排出量が多く、数10倍以上となる。

注) 上記の大気汚染物質の他にも、微量成分として、SO₃、ベンツピレン、シアンなどが排出されるとの説もある。

2-4 自動車の走行状態と排出ガス量

市街地を走る自動車は、一定速度で走行することは少なく、通常は停止、加速、定速、減速の4種の走行状態（走行モード）を繰り返す。これらの走行状態に応じエンジンの運転域（トルクと回転速度の範囲）が変わり仕事量も変わる。

したがって、排気ガス量が変わり大気汚染物質のCO、HC、NO_x量も変化する。これらの量は次のように表わされる。

$$(\text{大気汚染物質質量}) = (\text{排出ガス中の大気汚染物質濃度}) \times (\text{排出ガス量}) \times (\text{走行時間})$$

上記4種の走行モードに対して、大気汚染物質濃度と排気ガス流量は一般に表-3の変化をする。

表-3 走行モードと大気汚染物質濃度

モード	排出ガス中の大気汚染物質濃度	排気ガス流量
アイドリング（車の停止状態）	CO、HCは高く、NO _x は低い	少ない
加速（発進または追越し）	CO、HC、NO _x 共に高い	多い
定速	CO、HCは少く、NO _x は高速ほど高くなる	高速ほど多い
減速（エンジンブレーキの状態）	COとHC、とくにHCが高く、NO _x は低い	少ない

また、平均時速による自動車排出ガス中のCO、HC、NO_xの排出量の変化は、東京都においての測定結果では図-1、2のとおりとなっている。

図-1、2の曲線の実線部分は測定結果で、点線の部分は予想される排出量の傾向を表わしたものである。

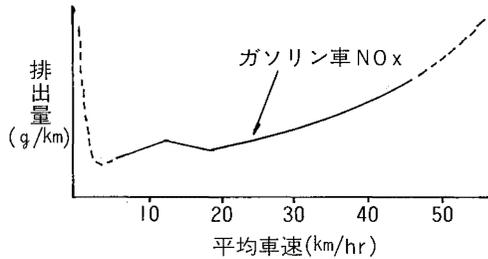
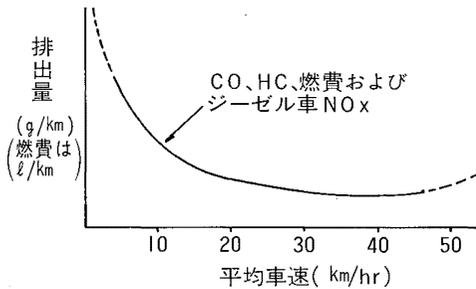


図-1 車速による大気汚染物質排出量の変化

図-2 車速による大気汚染物質排出量の変化

これらの図から判るように、ガソリン車、ディーゼル車のCO、HC、燃費及びディーゼル車のNO_x排出量は、平均車速15km/hを境として、これより低速側ではアイドリングや加減速の割合が増えるので排出量の急激な増加がみられる。

一方、ガソリン車のNO_x排出量は、加速と定速の影響が大きいので、高速側では速度と共に増加していくが、低速側では平均車速が0 km/hにごく近くなり、アイドリングの割合が急増するまでは、排出量は増加しないと予測されている。

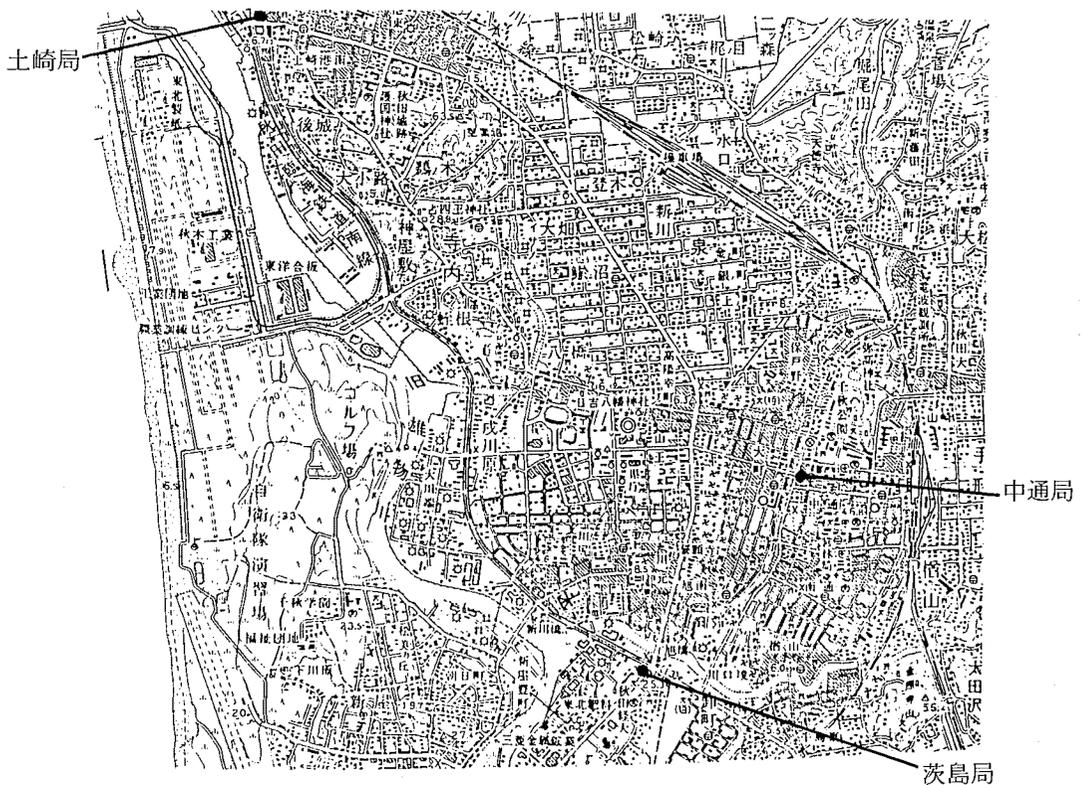
また、平均車速の高い方においては、加減速及びアイドリングの影響が少なくなり、負荷による排出量の差異が支配的因子になるため、ガソリン車、ディーゼル車とも排出量は増加する傾向によるものと予測されている。

3 沿道大気環境と自動車交通量の経年変化

3-1 窒素酸化物

秋田県において、自動車排出ガス測定を実施している測定局は昭和59年3月現在、秋田市内3カ所、能代、大館、大曲、横手の各市内にそれぞれ1カ所の7カ所で、これらの全てにおいてNO_xを測定している。

これらの測定局のうち、測定当初からこれまで、10年程度測定している秋田市内の3カ所（図-3）のNO、NO₂、及びNO_xの経年変化は図-4～6のとおりである。



図一三 沿道大気環境測定局

NO濃度は、3測定局とも年度間の変動は大きく、自動車交通量、排出ガス規制及び周辺の道路環境等の影響を敏感に受けているようである。土崎局では、昭和53年度までは大きく増減の変動をしていたが、それ以降は漸減している。中通局では、土崎局と同じような傾向を示しているが、減少となった時期は昭和53年度と1年早く、また、減少のしかたも早い。茨島局では、土崎、中通局とは異なり昭和49年度に急激な増加をして、昭和55年度までは0.040ppm前後で推移し、昭和56年度には0.030ppmまで減少したものの、その後は増加に転じている。

NO₂濃度は、3測定局とも昭和48年度を除いてほとんど同じ値を示し、0.030～0.020ppmの間で推移している。

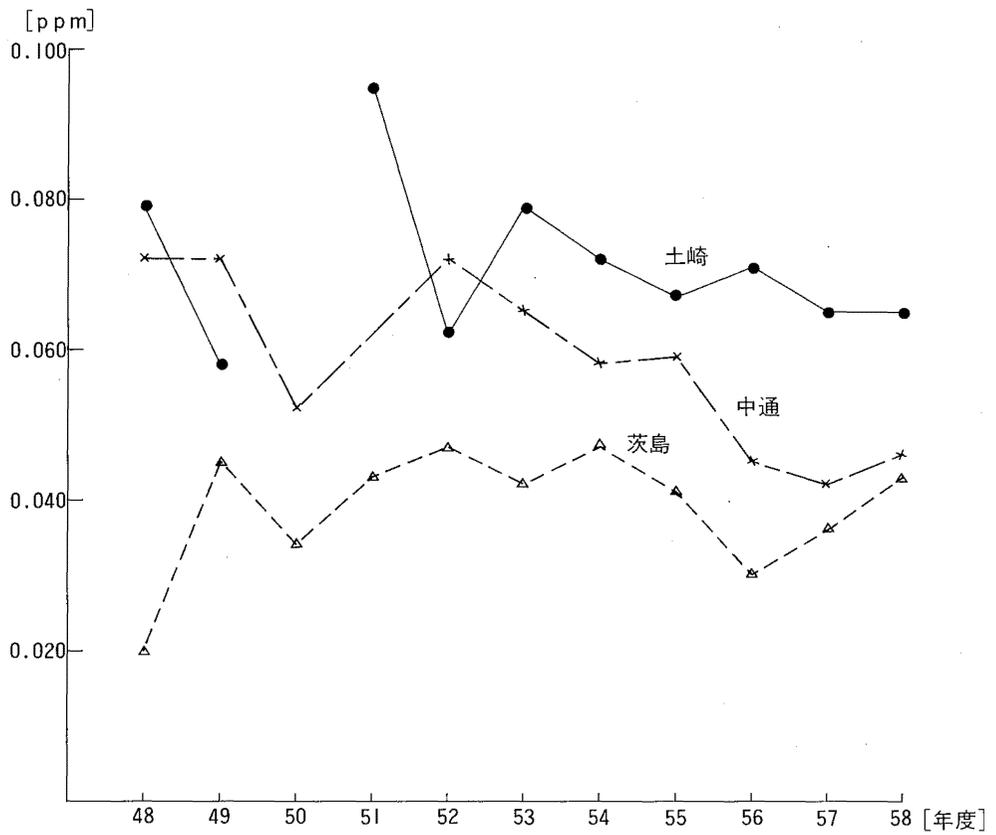


図-4 一酸化窒素濃度の経年変化

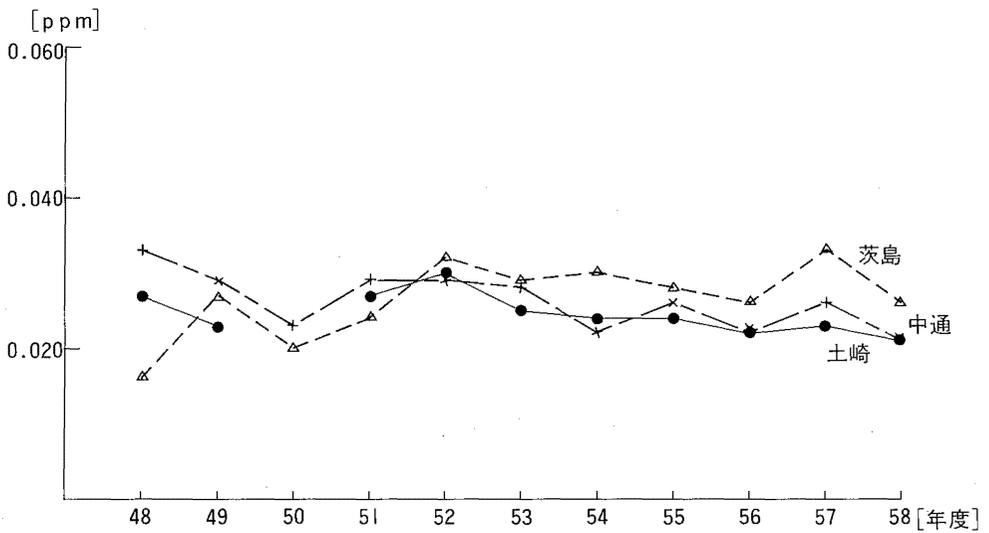
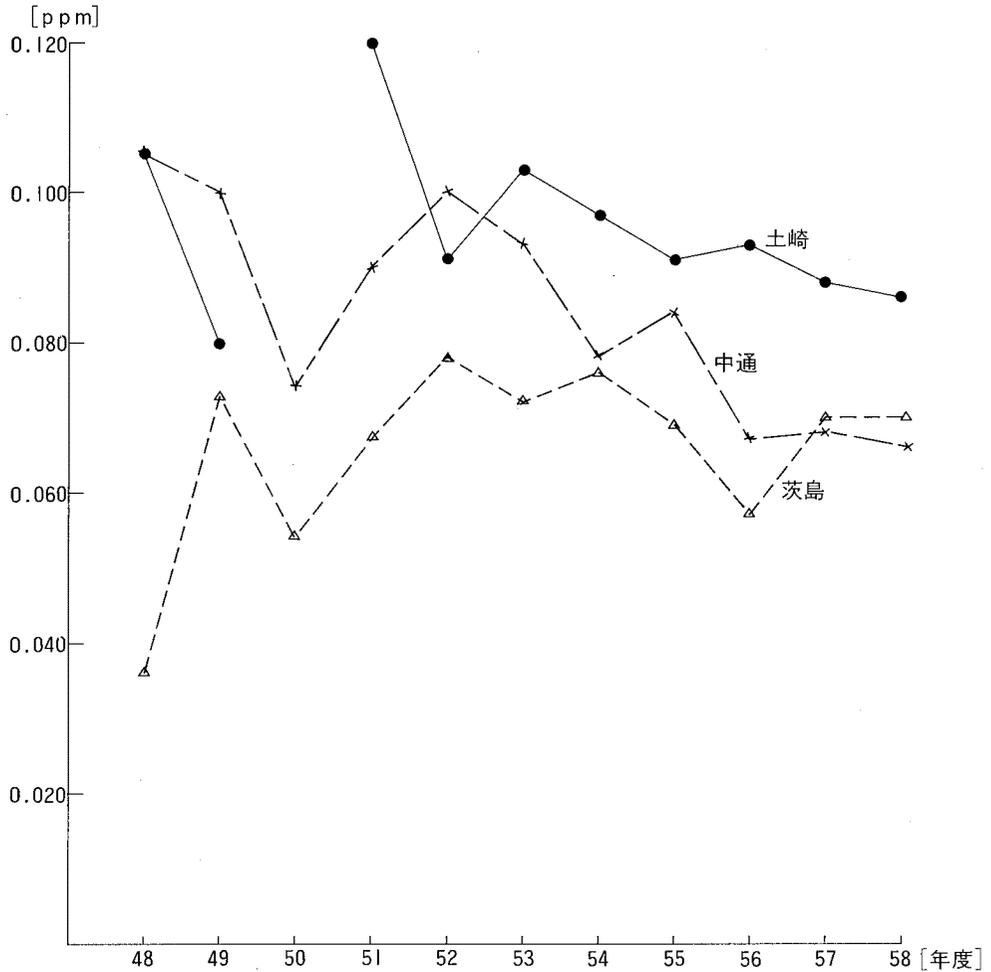


図-5 二酸化窒素濃度の経年変化



図一6 窒素酸化物濃度の経年変化

3-2 一酸化炭素

一酸化炭素の測定は、昭和59年3月現在、土崎局と大曲局を除いた5カ所において実施している。

秋田市内の3カ所におけるCO濃度の経年変化は図一7のとおりである。

土崎局では、昭和52年度まで減少し、昭和53年度に一坦わずかに上昇したものの、その後は漸減してきている。中通局では、昭和52年度から昭和54年度まで急激な減少をし、その後は1.5ppm前後で推移している。茨島局では、昭和54年度と昭和57年度に急激な減少をしている。

このように、昭和50年代前半から濃度の減少が始まっている。なお、COは、一般的に自動車排出ガスのトレーサーとして用いられる物質である。

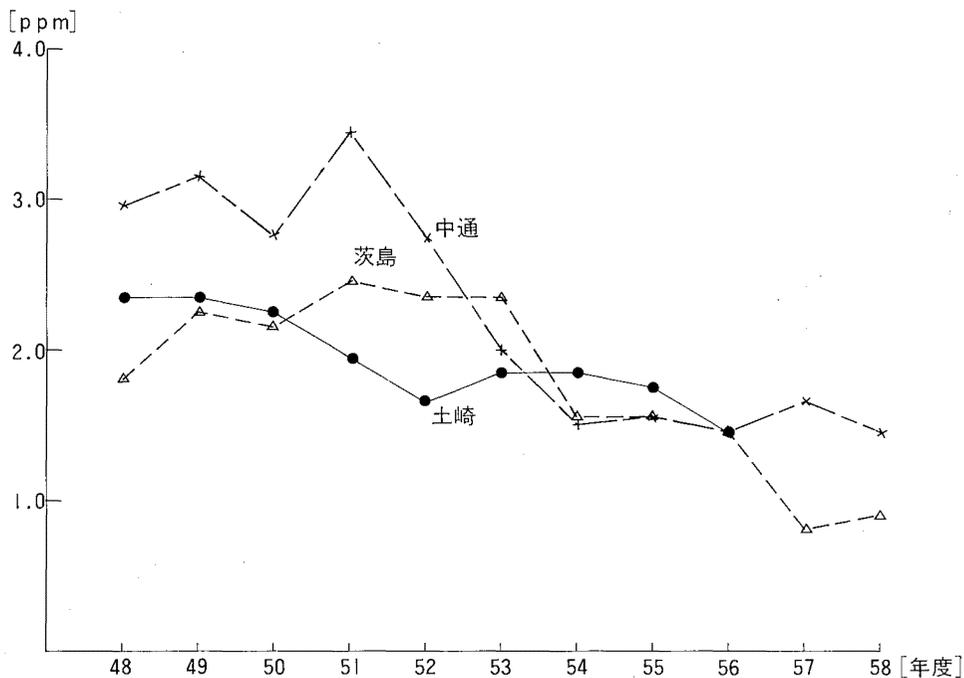
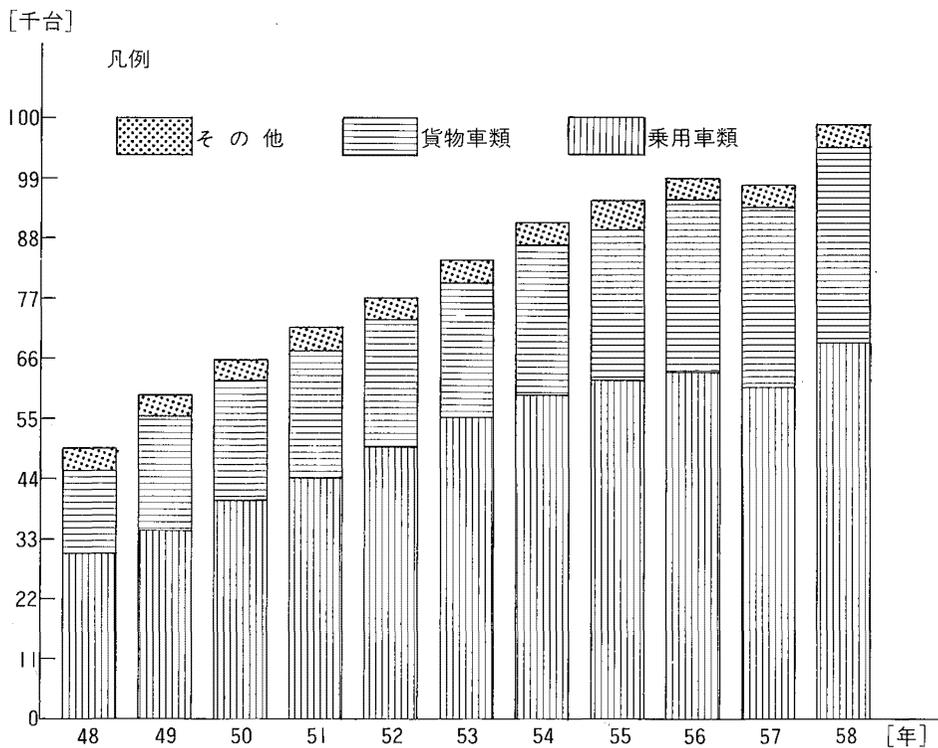


図-7 一酸化炭素濃度の経年変化

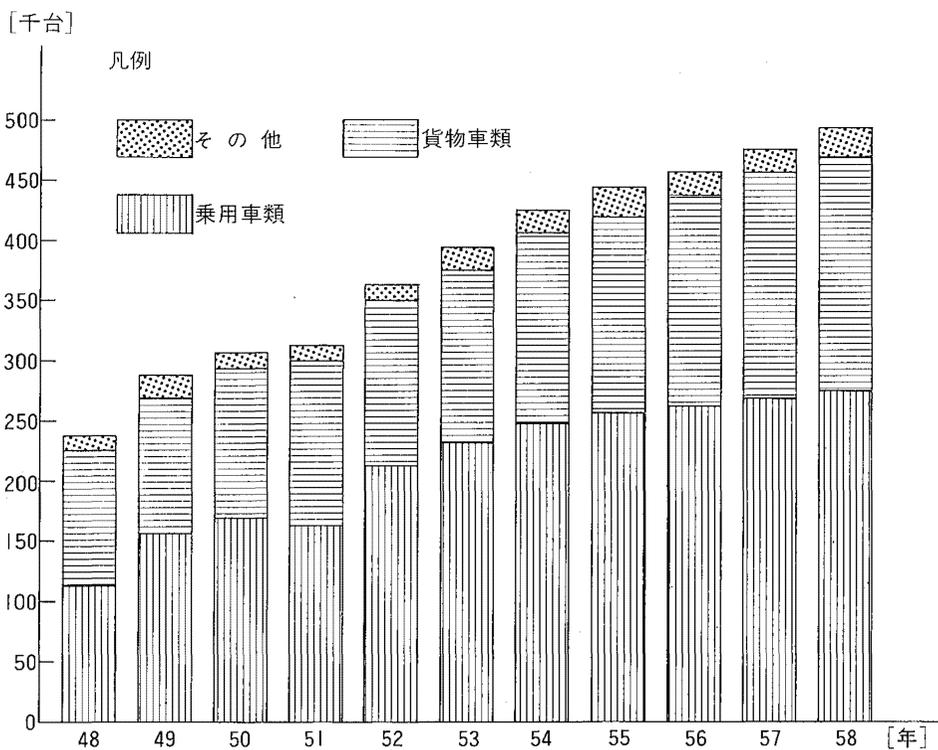
3-3 自動車保有台数と交通量

秋田市及び全県の乗用車類(普通車、小型車、軽自動車)、貨物車類(普通車、小型車、被けん引車、軽自動車)、その他(乗合用自動車、特殊用自動車、二輪車)の保有台数の経年変化は、図-8、9のとおりである。

秋田市では、昭和57年度に前年度に対して多少減少しているものの、全般的に漸増の傾向にある。全県では、昭和51年度に前年度とほとんど同じく増加はしていないものの、秋田市同様全般的に漸増の傾向にある。



図一八 秋田市の自動車保有台数



図一九 全県の自動車保有台数

秋田市内の自動車排出ガス局周辺の断面交通量の経年変化は、図一10～12のとおりである。

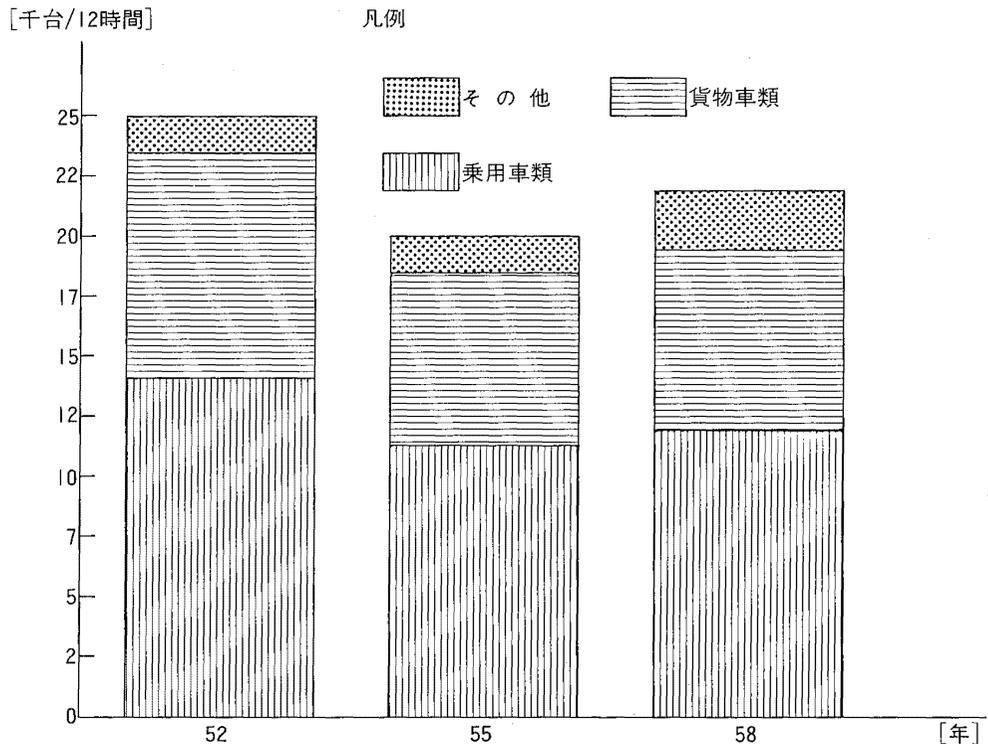
土崎局周辺（新屋―土崎港線、秋田市泉登木）は、昭和55年に減少し、昭和58年には多少増加している。

中通局周辺（秋田（停）線、秋田市大町二丁目）は、3カ所のうち最も多く、土崎、茨島局の約2倍の交通量となっている。経年変化は、昭和55年からほとんど増加はしていない。

茨島局周辺（国道7号線、秋田市川尻新川町）は、他の2カ所とは異なり増加の傾向となっている。しかし、乗用車類では、昭和58年は前回に比べて減少している。

このように、市街地の土崎、中通局周辺での交通量は、ほぼ満杯の状態にあるようである。

自動車の排出ガスの規制の状況は、図一13、14のとおり、昭和59年現在、NO_xは未規制時の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{10}$ 、COは $\frac{1}{10}$ 以下となっている。



図一10 土崎局周辺の断面交通量

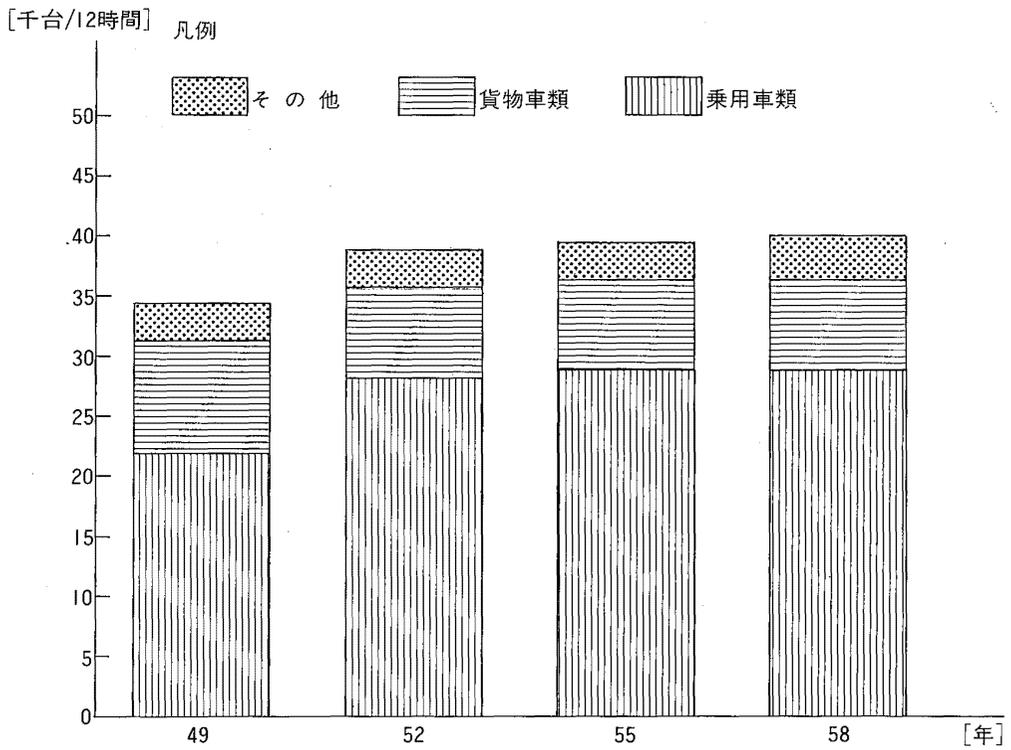


図-11 中通局周辺の断面交通量

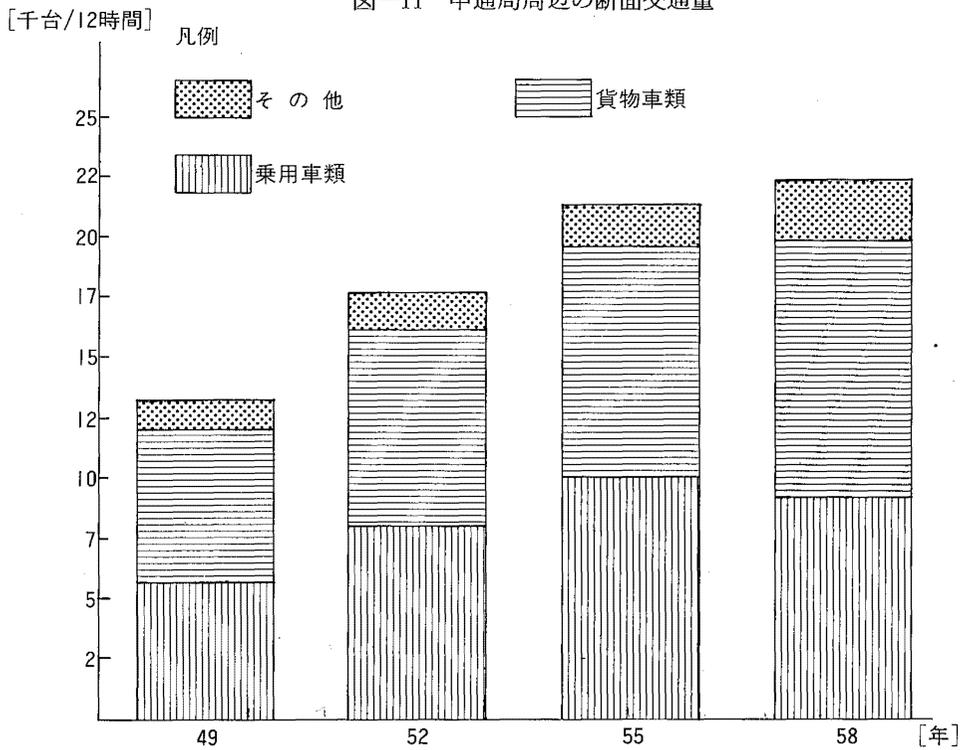
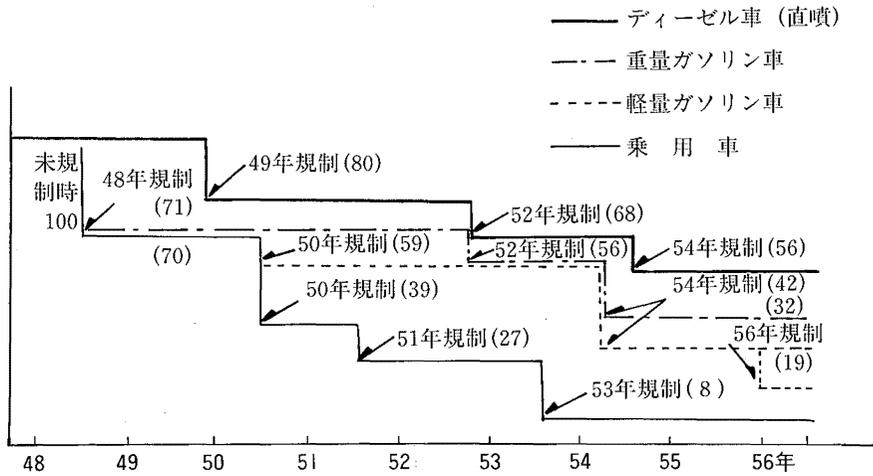
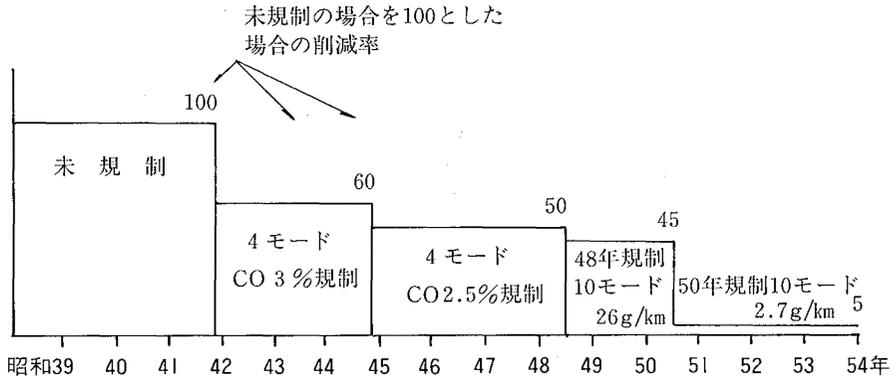


図-12 茨島局周辺の断面交通量



図一13 窒素酸化物の規制状況



図一14 一酸化炭素の規制状況

4 自動車から排出される大気汚染物質

4-1 沿道測定局周辺の走行モード

土崎、中通、茨島局それぞれの周辺における自動車走行モードについては、調査していないので、昭和52年に実施された秋田湾地区自動車走行モード調査（秋田湾地区開発計画に係る環境影響評価の関連調査）の結果をもとに推定した。

秋田湾地区自動車走行モード調査の概要は、次のとおりである。

- ① 調査期間 昭和52年 6月22日～6月24日
昭和52年 3月1日～3月3日
- ② 調査項目 エンジンの回転数、吸気負圧、車種及び車種別通過交通量
- ③ 運転方法 通常の運転方法により、割り込みや追い越しなどはしない。

表-4 実査ルート

ルート名	名 称	起 終 点 及 び 主 な 通 過 地 点
A	開 発 道 路 (秋 田 男 鹿 線)	船 越 — 出 戸 浜 — 秋 田 火 力
B	郊 外 路 (男 鹿 線 旧 道)	出 戸 浜 — 天 王 町 — 追 分
C	幹 線 道 路 (国 道 7 号 線)	昭 和 町 大 久 保 駅 前 — 追 分 — 土 崎 駅 入 口
D	産 業 道 路 (国 道 7 号 臨 海 道 路)	東 北 製 紙 工 場 前 — 港 大 橋 — 臨 海 路 交 差 点
E	市 街 路 (秋 田 停 車 場 線)	臨 海 路 交 差 点 — 県 庁 前 — 秋 田 駅 前 — 産 業 会 館 前
F	細 街 路	県 庁 前 — 川 尻 交 差 点 — 旭 南 — 通 町 — 産 業 会 館 前
G	市 街 流 出 路 (国 道 7 号 線)	山 王 十 字 路 — 旭 橋 — 秋 田 大 橋 南

表-5 ルート別モード適用表

ルート名	名 称	夏P	夏OP	冬P	冬OP
A	開 発 道 路 (秋 田 男 鹿 線)	4	4	3	3
B	郊 外 路 (男 鹿 線 旧 道)	4	4	3	2
C	幹 線 道 路 (国 道 7 号)	2	4	1	3
D	産 業 道 路 (国 道 7 号 臨 海 道 路)	4	4	4	3
E	市 街 路 (秋 田 停 車 場 線)	2	2	1	1
F	細 街 路	1	1	1	1
G	市 街 流 出 路 (国 道 7 号)	1	3	1	2

- 注) 1. Pはピーク時、OPはオフピーク時である。
 2. 1は平均時速20km/h未満、2は20~30km/h、3は30~40km/h、4は40km/h以上である。

これらの結果から、土崎、中通、茨島局周辺の走行モードは、表-6のとおり推定される。

表-6 沿道測定局周辺の走行モード

区 分	夏P	夏OP	冬P	冬OP
土崎局 (新屋 — 土崎港線)	1	3	1	2
中通局 (秋 田 (停) 線)	2	2	1	1
茨島局 (国 道 7 号 線)	1	3	1	2

4-2 沿道測定局周辺の大気汚染物質質量

土崎、中通、茨島局周辺におけるそれぞれのNO_xとCOの排出量を、交通量調査表(秋田県道路課)による断面交通量をもとに推計した。

排出量の推計に当たっては、表-7~10の排出係数を用い、また、排出量の推計範囲は測定局の中心から500mとした。

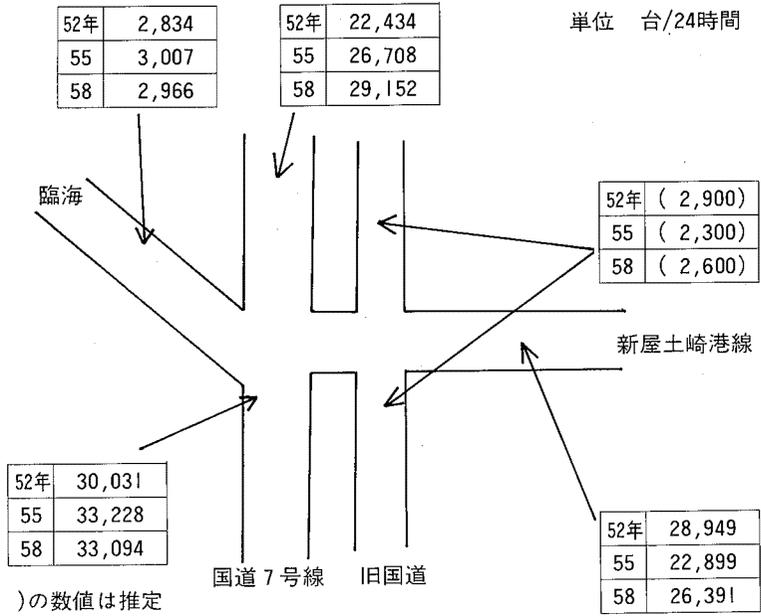


図-15 土崎局周辺交通量

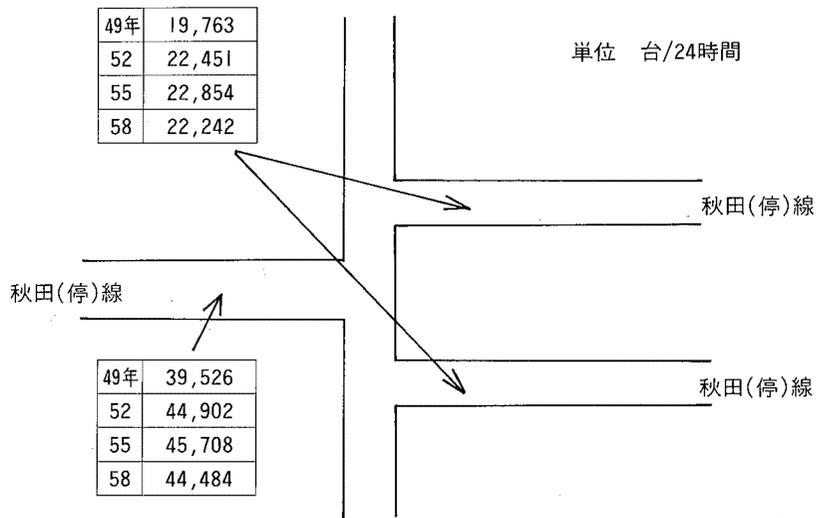


図-16 中通局周辺交通量

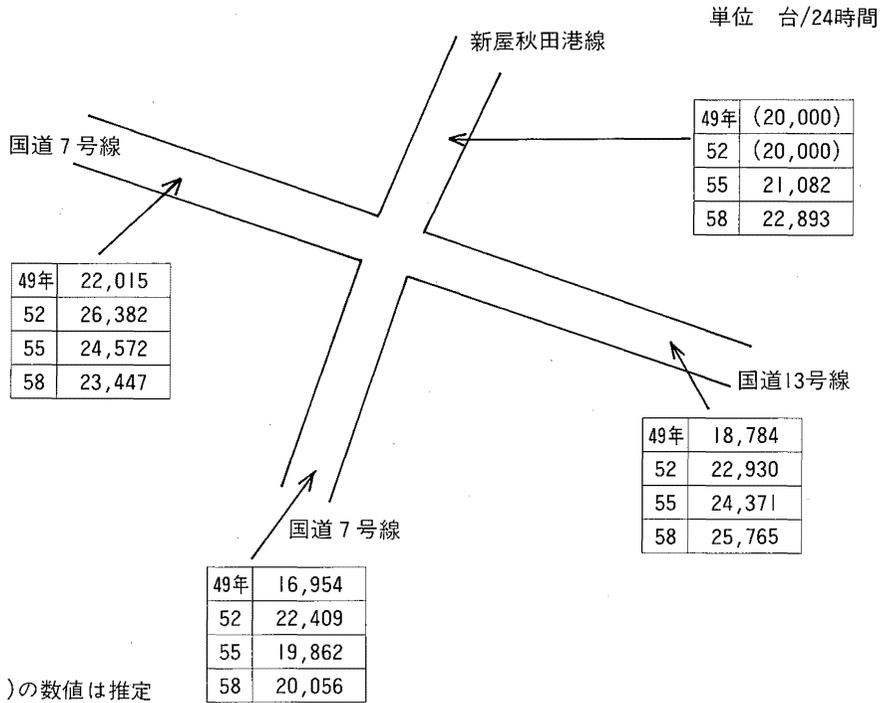


図-17 茨島局周辺交通量

表-7 昭和48年度排出系数

(単位 g/km/台)

車速 (km/h)	区 分	乗 用 車 類			貨 物 車 類				特 殊 自動車
		軽乗用	乗 用	バ ス	軽貨物	小型貨物	貨 客	普通貨物	
15	窒素酸化物	0.87	2.63	16.93	1.52	3.07	2.08	7.92	7.92
	一酸化炭素	6.45	24.07	6.28	9.76	22.88	14.59	3.94	3.94
25	窒素酸化物	0.80	2.82	14.26	1.35	3.02	2.07	6.84	6.84
	一酸化炭素	2.67	15.49	4.68	7.85	16.51	11.08	3.10	3.10

注) 排出系数は、東京都公害局資料に基づき、本県の排出ガス規制車の混入率により補正した。

表-8 昭和52年度排出系数

(単位 g/km/台)

車速 (km/h)	区 分	乗 用 車 類			貨 物 車 用				特 殊 自動車
		軽乗用	乗 用	バ ス	軽貨物	小型貨物	貨 客	普通貨物	
15	窒素酸化物	0.87	2.25	13.87	1.71	3.07	1.60	7.92	7.92
	一酸化炭素	6.45	12.77	5.42	9.76	19.94	14.17	3.94	3.94
25	窒素酸化物	0.80	1.92	11.76	1.68	3.02	1.47	6.84	6.84
	一酸化炭素	2.67	8.98	4.07	7.85	12.28	10.74	3.94	3.94

注) 表-7と同じ。

表一9 昭和55年度排出系数

(単位 g/km/台)

車速 (km/h)	区 分	乗 用 車 類			貨 物 車 用				特 殊 自動車
		軽乗用	乗 用	バ ス	軽貨物	小型貨物	貨 客	普通貨物	
15	窒素酸化物	0.77	1.64	11.13	1.75	2.65	1.29	7.23	7.09
	一酸化炭素	6.25	12.81	4.71	11.32	15.10	13.90	3.64	3.68
25	窒素酸化物	0.67	1.79	9.49	1.72	2.61	1.08	6.25	6.33
	一酸化炭素	2.89	8.86	3.60	9.44	11.37	10.52	2.87	2.90

注) 表一7と同じ。

表一10 昭和58年度排出系数

(単位 g/km/台)

車速 (km/h)	区 分	乗 用 車 類			貨 物 車 用				特 殊 自動車
		軽乗用	乗 用	バ ス	軽貨物	小型貨物	貨 客	普通貨物	
15	窒素酸化物	0.61	0.58	8.85	1.67	2.18	1.09	6.72	6.78
	一酸化炭素	5.97	3.68	4.11	13.38	14.99	13.68	3.51	3.52
25	窒素酸化物	0.52	0.64	7.81	1.61	2.14	0.83	5.81	5.87
	一酸化炭素	3.21	2.98	3.17	11.42	12.30	10.34	2.79	2.81

注) 表一7と同じ。

交通量調査を実施している年の年平均当たりの一時間NO_x、CO排出量は、表一11、12のとおりである。各測定局周辺とも交通量が増加しているのに対し、排出量は排出ガス規制の効果が功をそうして年々減少している。

表一11 窒素酸化物排出量

(単位 kg/時)

区 分	49年	52年	55年	58年
土 崎 局	—	5.0	4.5	3.7
中 通 局	5.3	4.6	4.3	2.6
茨 島 局	5.6	5.5	4.8	3.9

表一12 一酸化炭素排出量

(単位 kg/時)

区 分	49年	52年	55年	58年
土 崎 局	—	15.4	14.8	11.0
中 通 局	20.8	16.3	16.3	9.3
茨 島 局	18.7	16.2	15.1	11.1

5 自動車排出ガスと沿道大気環境

5-1 平均的な関係

平均的な関係については、交通量調査が実施されている昭和49年、52年、55年、58年について、測定局周辺交通量、大気汚染物質排出量、沿道濃度の関係を検討した。

各測定局の周辺交通量、排出量、濃度は図-18~20のとおりである。

各測定局とも交通量とNO_x、CO濃度は、自動車の排出規制が実施されているので、一次的な関係はみられない。

排出量との関係では、COの場合には各測定局とも排出量の減少に伴って濃度は低下している。しかし、NO_xの場合には、土崎局では排出量の減少に伴ってNO₂濃度は低下しているが、NO濃度は低下していない。中通局では、NO、NO₂濃度とも排出量の減少に伴って低下している。茨島局では、NO濃度は上昇、NO₂濃度は低下となっている。

このように、COの場合は排出量の減少に伴って、各測定局とも濃度も低下しており、自動車の排出規制の効果が明確にみられるが、NO_xの場合は測定局によって濃度が上昇しているなど、排出規制の効果が明らかではない。

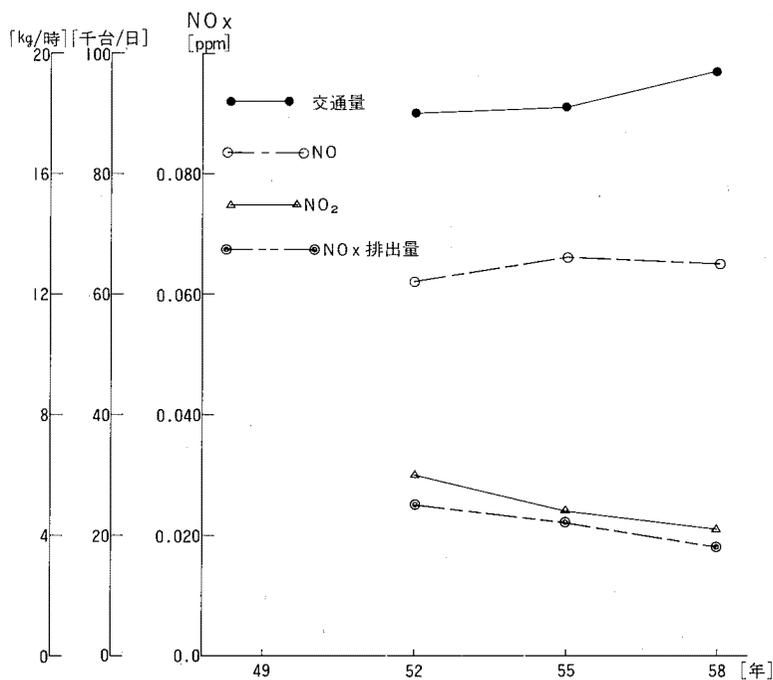
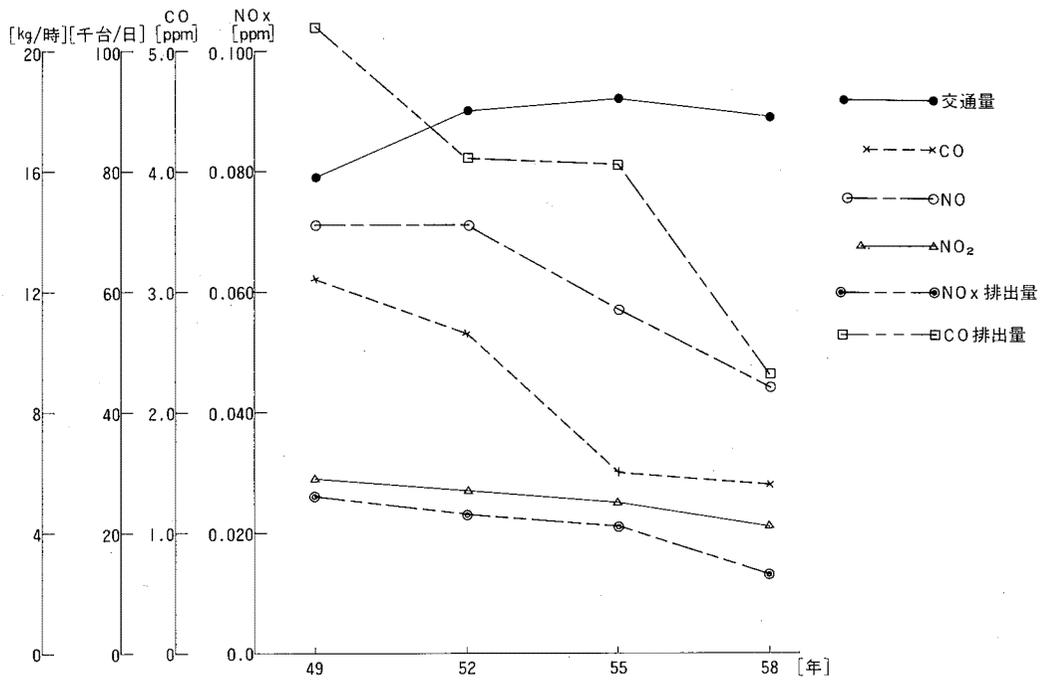
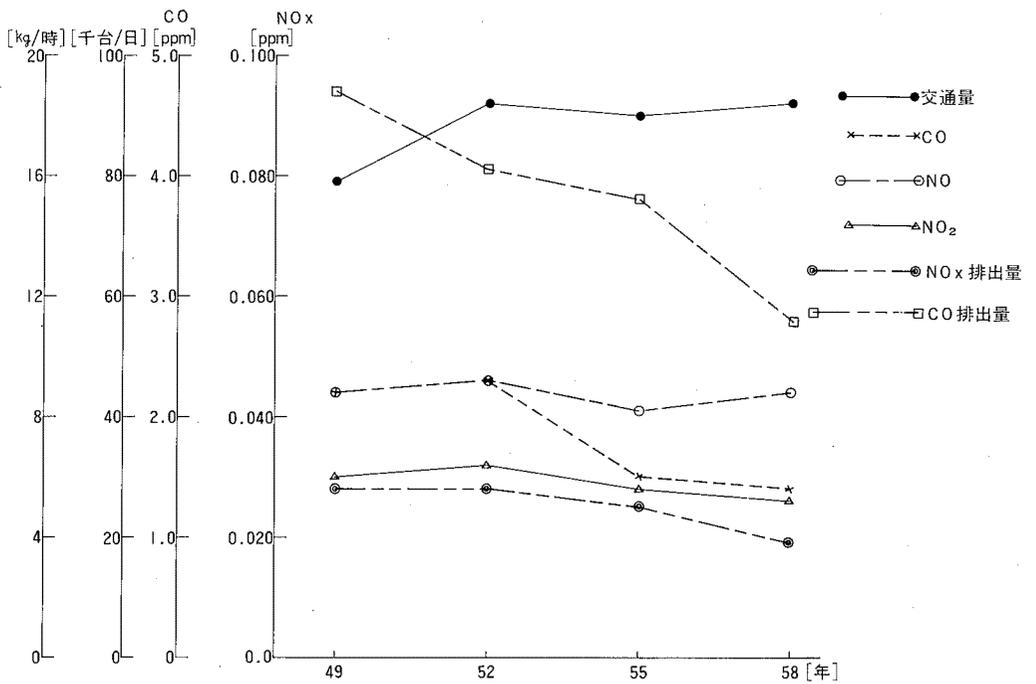


図-18 土崎局の交通量、排出量、濃度



図一19 中通局の交通量、排出量、濃度



図一20 茨島局の交通量、排出量、濃度

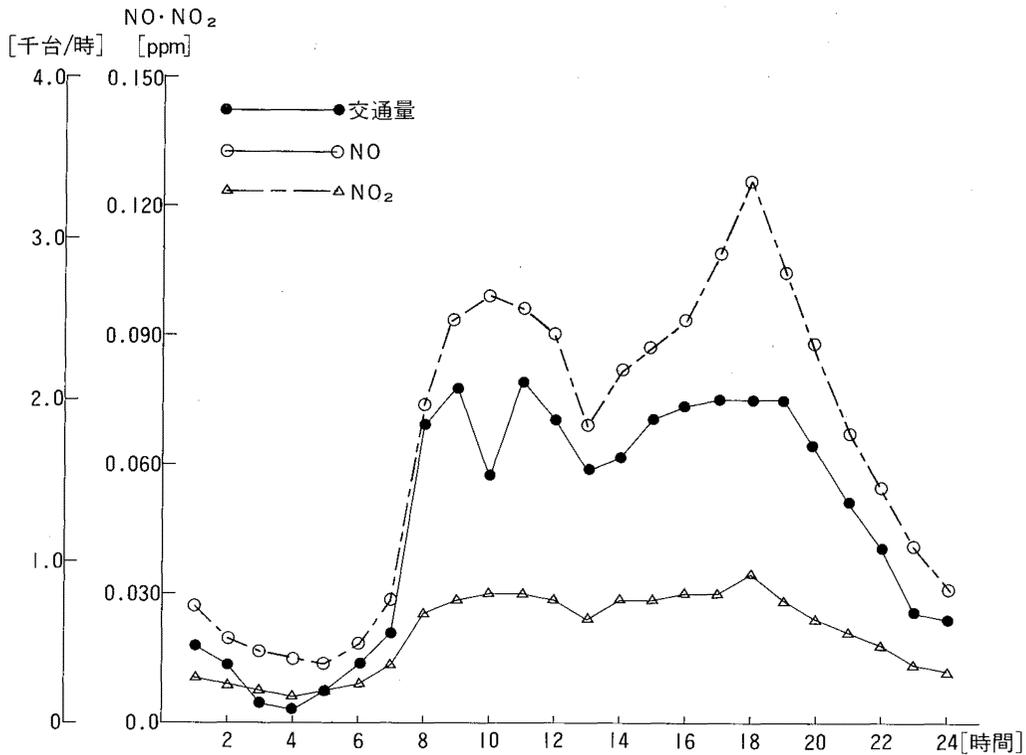


図-21 土崎局の大気汚染物質と周辺交通量の時刻別変化

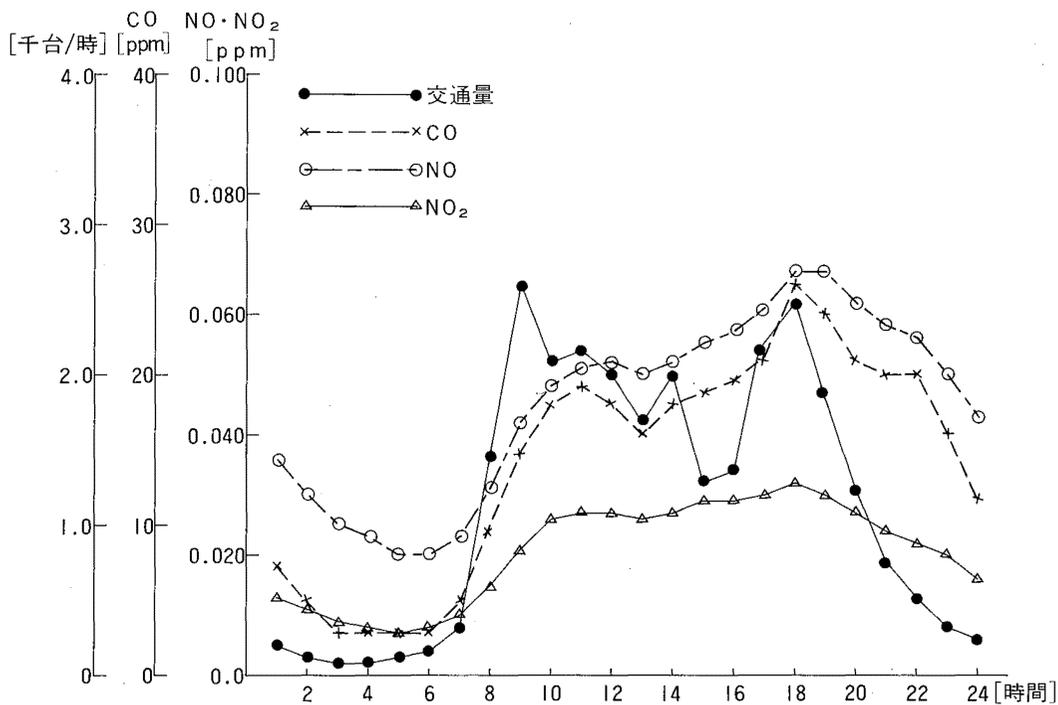


図-22 中通局の大気汚染物質と周辺交通量の時刻別変化

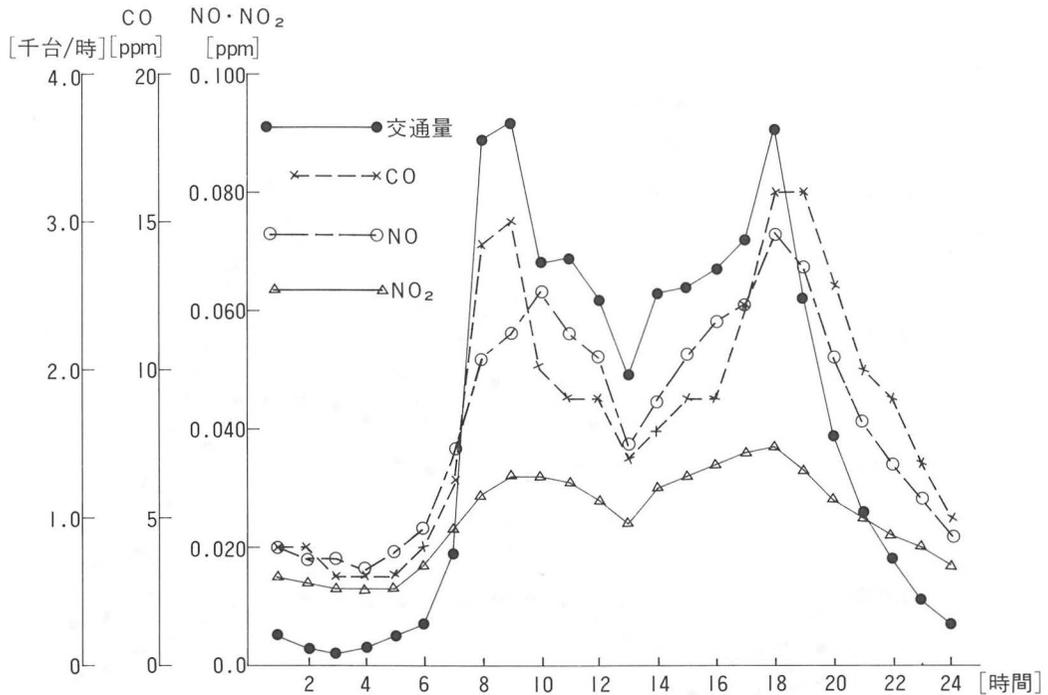


図-23 茨島局の大气汚染物質と周辺交通量の時刻別変化

5-2 時間的な関係

時間的な関係については、昭和58年度を対象に一時間ごとの交通量と沿道濃度との関係を検討した。

各測定局の周辺交通量と沿道濃度は図-21~23のとおりである。

土崎局では、NOは交通量の変化に比較的対応しているが、NO₂はそれほどでもない。また、NO₂/NO_x比が、中通、茨島局に比べて低く、より自動車排出ガスを直接的に受けていると考えられる。中通、茨島局では、COとNOは交通量の変化に比較的対応しているが、NO₂は土崎局と同様にそれほどではない。NO₂の場合は、大気中のO₃によってNOから形成される二次物質で、挙動が複雑なためと考えられる。

一方、土崎局と茨島局では、夕方のピークがすぎると交通量の減少に伴って濃度も減少しているが、中通局では交通量の減少スピードよりも、濃度減少のスピードが小さく、NO_xがCOと同様の挙動を示していることから、大気汚染物質が停滞しているものと考えられる。また、中通局のNO濃度が朝方のピーク前に高いのは、COとの対応性がないことなどから、大気中のO₃が極端に少なく、NOがNO₂に移行できない可能性などが考えられる。

6 まとめ

自動車の排出ガスと沿道の大気環境について、平均的な関係、時間的な関係の二つについて検討した。

(1) 平均的な関係では、COの規制効果は明確にみられたが、NO_xについては明らかではなかつた。

た。

(2) 時間的な関係では、COとNOは交通量の変化に対応し相関関係がみられたが、NO₂は対応はしていない。また、測定局の周辺環境によって大気汚染物質が停滞するなどのことが明らかとなった。

今回、自動車排出ガスと沿道大気環境について検討するに当たって一つの問題点がある。それは、排出量を推計するに当たって、走行モードは既存資料から推定し、測定局の中心から500m範囲内の交通量から推計したという点である。実際に、測定局の大気汚染物質濃度が、どのぐらいの範囲までの自動車排出ガスによって影響されるかは大きな問題だと考えられる。

また、今回は、単に自動車排出ガスと沿道大気汚染物質濃度との平均的、時間的な関係について整理してみたが、沿道大気環境を考えるためには、今後、次の点を検討する必要があると考えられる。

- ① 大気汚染物質濃度の距離による変化
- ② NO_xとNO₂との関係
- ③ NO₂/NO_x比とO₃濃度との関係
- ④ 気象（風向、風速）との関係
- ⑤ 車種構成によって規制効果が異なるのか

したがって、上記の事項を検討するため、車道からの距離別NO_x、O₃、CO濃度の測定調査、車道付近の気象（風向、風速）調査、さらには自動車排ガスの影響範囲推定のためのモデル計算などを実施していきたいと考えている。

引用及び参考文献

- 1 自動車公害ハンドブック（東京都公害局大気保全部）
- 2 道路交通センサス（昭和55年、58年、秋田県土木部道路課）
- 3 交通量調査表（昭和48年、52年、秋田県土木部道路課）
- 4 秋田湾地区開発基本計画に係る環境影響評価書案附属資料編（昭和54年12月、秋田県）
- 5 自動車排出ガスに係る排出係数見直し調査結果について（昭和53年3月、東京都公害局規制部）
- 6 東京都内自動車交通量及び自動車排出ガス排出量算出調査報告書（昭和57年2月、東京都公害局規制部）
- 7 第24回大気汚染学会シンポジウム、自動車排出ガスをめぐる諸問題（昭和58年）