

化学物質による汚染実態 —炭化水素—

早 福 正 孝 泉 川 碩 雄
吉 岡 秀 俊 秋 山 薫
清 宮 隆 治 (現環境管理部)

要 旨

化学物質である芳香族炭化水素 8 成分について1989年度から1992年度までの4年間、その汚染実態を調査してきた。その結果、この4年間の濃度の平均減少率は江東40%、新宿67%、多摩59%及び低汚染地域である一之瀬は76%もの減少を示した。全炭化水素に占める芳香族炭化水素の割合は年々低下しているが、トンネル内空気の分析結果では、逆に90年度から次第に増加し始めており、特にエチルベンゼンとキシレンの増加が著しい。環境大気中の炭化水素の経年的減少の要因としては、移動発生源及び固定発生源対策に加え、工場数の減少によるものが大きいものと思われる。

1 はじめに

昨今、有害化学物質に関する廃棄物、海洋汚染あるいは地球環境汚染といった話題に事欠かない。こういった化学物質は工場から生産されるもの、処理過程で副次的に生成されるもの、あるいは排ガスに含まれるものといった千差万別の形で環境へ放出されている。その化学物質の種類と量は年々増加している。

これらの化学物質による環境汚染の実態は国や自治体あるいは研究所等で調査されてきて明らかになりつつある。

そこで当所は環境汚染をもたらすと思われる主要な化学物質を約120種選定し、1988年度から1992年度までの5年間、大気、水質等の環境汚染の実態調査を実施してきた。この調査結果は各年度ごとに既に報告してある¹⁾。

本稿では、その中の大気中における炭化水素の汚染実態を検討したものである。ここで扱った炭化水素は全て芳香族化合物で、次の8成分である。ベンゼン (BENZ と略、以下同じ)、トルエン (TOL)、エチルベンゼン (ET-BZ)、パラキシレン (p-XY)、メタキシレン (m-XY)、オルトキシレン (o-XY)、イソプロピルベンゼン (i-pp-BZ)、及びスチレン (STYREN) である。

2 調査方法

化学物質全般に関する調査方法の詳細は、既に述べられているので、ここでは炭化水素に関することにのみ述べる。

大気中の炭化水素は両テフロンコック付ガラス製真空瓶を用いて採取した。採取場所は、準工業地域として江東区 (環境科学研究所)、商業地域として新宿区 (都立衛生研究所: 国設東京大気汚染常時測定室) 及び住居地域として多摩市 (東京都大気汚染総合測定室) で行った。対照の低汚染地域としては山梨県塩山市一之瀬 (都心から約90km西方の山間部: 東京都水源林) を選定した。採取は四季に分けて行ない、1シーズン2日間、1日3回 (10、12、14時) 行なった。一之瀬も同様に四季に分けて、1シーズン2日間採取したが、遠隔地で交通の便が悪いため1日1回 (通常正午頃) の採取であった。炭化水素に関する調査期間は1989年度から1992年度までであるが、スチレンとイソプロピルベンゼンは1990年度から開始した。

3 分析方法

分析はFID付ガスクロマトグラフで行った。試料は液体酸素による冷却濃縮-加熱脱気方式で行った。試料は通常300~500ml濃縮して分析した。分析成分は本稿で扱う8成分以外に、低沸点化合物等も同時に分析されている。定量はプロパンの標準ガス (高千穂商事製) を用いて相対感度法で行った。分析条件は次の通りである。

ガスクロマトグラフ: Shimadzu GC-9A

充填剤: SP1200 (5%) + Benton34 (1.75%)

付UniportHP (80/100mesh)

カラム: ガラス製カラム (3mm × 2m)

温度：60℃、3分間保持後5℃/分の昇温速度で120℃まで昇温

ガス：N₂=45ml/分、H₂=35ml/分

Air=400ml/分

4 調査結果及び考察

1) 地点間の濃度差

各地点間の平均値を表1～4に示す。各地点の総平均では、表中のベンゼン～オルトキシレンの6成分（以後、上位6成分という）については、新宿が最も汚染濃度が高く、次いで江東、多摩、一之瀬の順になるが、イソプロピルベンゼンとスチレンの場合は江東が最も汚染濃度

の濃度が圧倒的に高い。2番目以降の濃度順位は地点により異なるが、4地点ともベンゼン、エチルベンゼン、メタキシレンの濃度が高い。スチレンとイソプロピルベンゼンの濃度は相対的にかなり低い。

2) 最高濃度

4年間の4地点の最高濃度（表5～8）をみるとベンゼン24.72ppb（新宿）、トルエン58.79ppb（新宿）、エチルベンゼン26.75（新宿）、パラキシレン13.90ppb（新宿）、メタキシレン31.51ppb（新宿）、オルトキシレン10.85ppb（新宿）、イソプロピルベンゼン3.43ppb（江東）、スチレン4.51ppb（江東）である。平均濃度と同様、新宿に高濃度が出現しやすいことがわかる。

今回の調査では、以前のカイツーン調査で得られた上空トルエンが4,277ppbというような高濃度は検出されることはなかった²⁾。

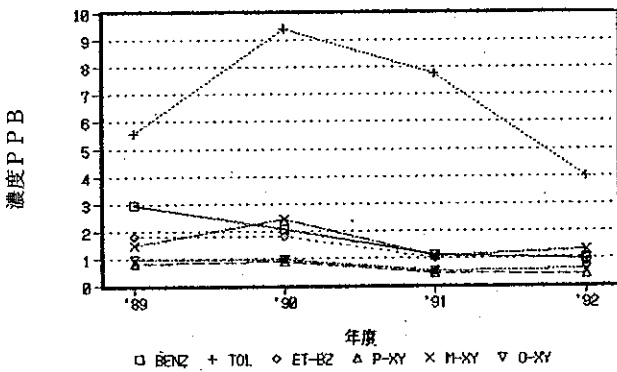


図1 化学物質炭化水素調査
江東：経年変化

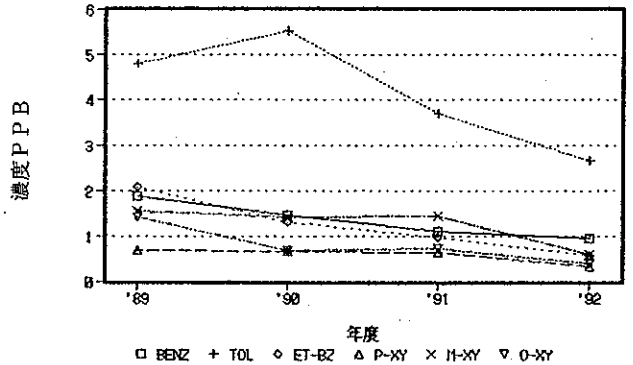


図3 化学物質炭化水素調査
多摩：経年変化

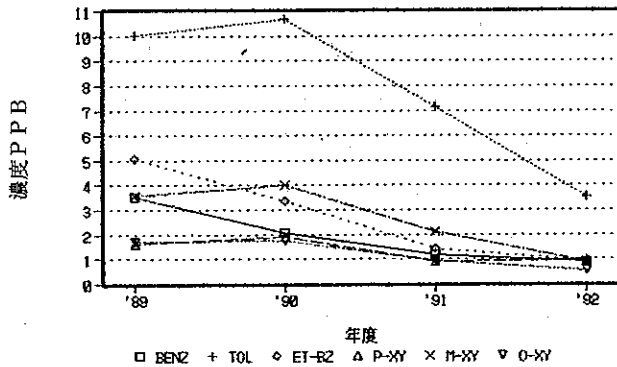


図2 化学物質炭化水素調査
新宿：経年変化

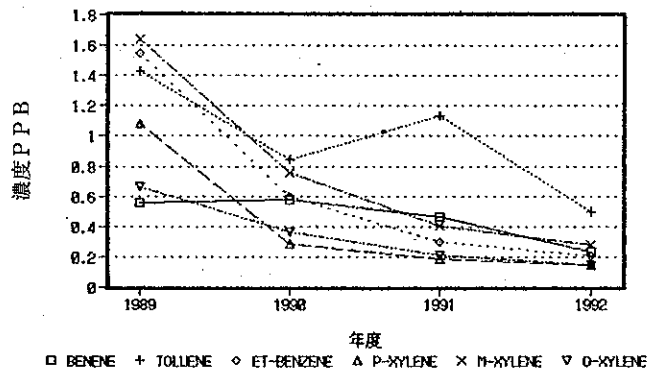


図4 化学物質炭化水素調査
一之瀬：経年変化

が高い。新宿を基準にして上位6成分を比較すると、ベンゼンとトルエンについては、江東は新宿の約9割、多摩は5～7割、一之瀬は1～2割の汚染レベルである。エチルベンゼンからオルトキシレンまでの4成分については江東は新宿の5～6割、多摩は新宿の4～7割、一之瀬は新宿の約3割の汚染レベルである。

各成分ごとに平均濃度を比較すると、8成分中トルエ

3) 経年変化

上位6成分の各地点の経年変化を図1～4に示す。年度により多少の増減はあるが、各成分ともに4年間に大きく濃度が低下したのがわかる。89年度と92年度を比較

表1 江東の平均値

単位ppb

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	2.97	2.08	1.12	0.98
TOL	5.56	9.42	7.73	3.97
ET-BZ	1.79	1.81	1.00	1.02
P-XY	0.82	0.90	0.44	0.41
M-XY	1.47	2.45	1.06	1.28
O-XY	0.96	0.98	0.50	0.60
i-pr-BZ		0.30	0.06	0.02
STYRENE		1.13	0.06	0.15

表2 新宿の平均値

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	3.52	2.09	1.16	0.90
TOL	10.02	10.68	7.14	3.53
ET-BZ	5.07	3.39	1.43	0.92
P-XY	1.63	1.91	0.87	0.97
M-XY	3.56	4.00	2.10	0.91
O-XY	1.71	1.74	0.94	0.55
i-pr-BZ		0.02	0.06	0.09
STYRENE		0.50	0.24	0.05

表3 多摩の平均値

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	1.89	1.46	1.12	0.95
TOL	4.81	5.53	3.70	2.65
ET-BZ	2.09	1.31	0.98	0.57
P-XY	0.68	0.66	0.65	0.33
M-XY	1.54	1.41	1.43	0.60
O-XY	1.43	0.69	0.74	0.40
i-pr-BZ		0.02	0.07	0.06
STYRENE		0.27	0.13	0.08

表4 一之瀬の平均値

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	0.56	0.58	0.46	0.23
TOL	1.43	0.85	1.13	0.50
ET-BZ	1.54	0.60	0.30	0.21
P-XY	1.09	0.28	0.18	0.14
M-XY	1.64	0.76	0.40	0.28
O-XY	0.67	0.36	0.21	0.15
i-pr-BZ		0.34	0.14	0.13
STYRENE		0.15	0.13	0.04

表5 江東の最高値

単位ppb

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	18.45	3.70	2.20	5.08
TOL	10.67	30.59	29.27	11.11
ET-BZ	4.51	3.36	4.44	2.64
P-XY	2.66	1.54	1.37	1.31
M-XY	2.71	6.84	2.32	5.02
O-XY	2.61	2.05	1.01	3.84
i-pr-BZ		3.43	0.25	0.07
STYRENE		4.51	0.25	2.17

表6 新宿の最高値

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	24.72	4.96	1.93	3.18
TOL	58.79	50.59	26.15	10.07
ET-BZ	26.75	14.53	3.81	4.14
P-XY	13.90	8.37	2.24	10.08
M-XY	31.51	17.18	5.45	3.59
O-XY	10.85	5.94	2.22	1.49
i-pr-BZ		0.36	0.53	0.66
STYRENE		1.62	1.20	0.16

表7 多摩の最高値

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	6.40	2.67	4.59	8.24
TOL	13.70	10.05	5.93	5.60
ET-BZ	7.44	2.26	1.98	2.22
P-XY	1.46	1.22	1.97	0.88
M-XY	2.82	2.33	4.41	2.37
O-XY	9.07	1.22	2.61	1.45
i-pr-BZ		0.24	0.43	0.46
STYRENE		0.61	0.49	0.25

表8 一之瀬の最高値

年度	'89	'90	'91	'92
BENZ	0.69	1.06	0.84	0.55
TOL	1.69	1.53	2.59	0.83
ET-BZ	3.05	1.75	0.58	0.52
P-XY	1.85	0.91	0.44	0.32
M-XY	3.13	2.04	0.84	0.64
O-XY	1.32	0.80	0.40	0.28
i-pr-BZ		0.69	0.24	0.17
STYRENE		1.26	0.33	0.23

表9 4年間の減少率

	江東	新宿	多摩	一之瀬
BENZ	0.33	0.26	0.50	0.42
TOL	0.71	0.35	0.55	0.35
ET-BZ	0.57	0.18	0.27	0.13
P-XY	0.50	0.60	0.49	0.13
M-XY	0.88	0.25	0.39	0.17
O-XY	0.63	0.32	0.28	0.22
平均	0.60	0.33	0.41	0.24

(注) 数値は1989年の濃度を100としたときの1992年の割合である。

して減少比をみたのが表9である。上位6成分の平均減少率をみると、江東40%、新宿67%、多摩59%及び一之瀬76%という大幅な濃度低下となっている。都内3カ所だけみれば4年間で約1/2になったことになる。都会の汚染源から遠く離れている一之瀬の減少率は大きく、4年間で約1/4になったことになる。

92年度の上位6成分をみると、図1～3から都内3カ所のトルエンは3ppb前後の濃度に収束されており、トルエン以外の5成分は1ppb前後の濃度に収束されている。一方、一之瀬の92年度をみると、トルエンは0.5ppb、それ以外の5成分は約0.2ppbに収束されている。このことから、低汚染地域である一之瀬は92年度現在で都内に比べ、トルエンで約1/6、それ以外の成分で約1/5の濃度といえる。

以上のことから上位6成分の濃度は年々減少していることが明らかになった。さらにスチレンについても表1～4から、同様の傾向を示している。イソプロピルベンゼンについても江東及び一之瀬は、同様の傾向を示している。

これらの減少傾向が、大気汚染常時測定室の非メタン炭化水素 (NMHC) の測定結果でも減少傾向を示して

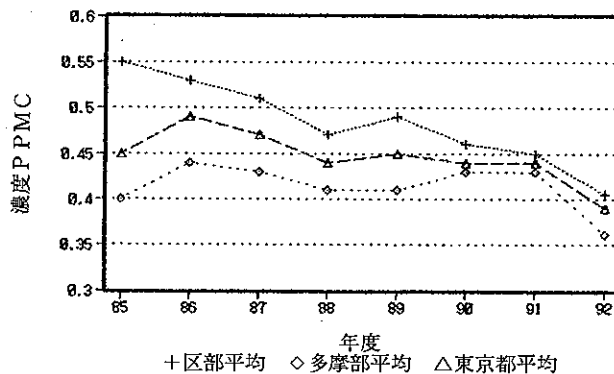


図5 NMHCの経年変化
東京都

いるかどうかをみたのが図5である。区部は12カ所、23区以外が多摩部は、1986年度以降の10カ所の平均値を用いている。23区は年々濃度の減少を示しており、多摩部は1988年度からわずかに上昇傾向を示し、区部と多摩部の濃度差が狭くなってきている。これは、大気汚染が区部に比べて少ないとされてきた多摩部が、炭化水素についていえば、次第に区部なみの汚染となってきたことを示している。92年度は大幅な濃度の低下となった。これは1975年度のNMHC測定開始 (多摩部は1985年度) 以来の最低の濃度となった。

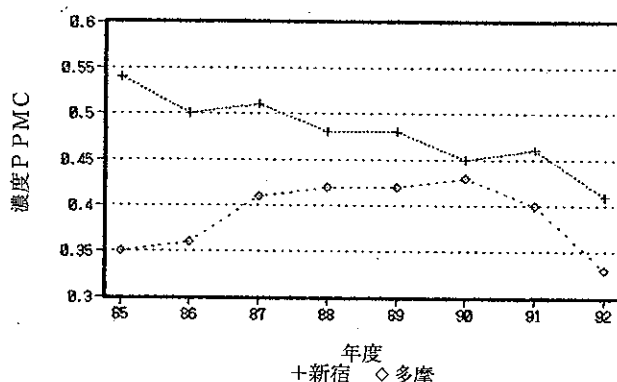


図6 NMHCの経年変化
新宿、多摩

次に、大気汚染常時測定室である新宿と多摩のNMHCを、同様にプロットしたのが図6である。図5の全体的傾向と同じように新宿は減少傾向を示し、多摩は微増傾向にあったが、88年から頭打ち傾向を示し90年を境に減少し始め、92年度は大きく減少している。化学物質調査は調査方法の項で述べたように1シーズン2日、1日3検体で年24個の検体数である。一方NMHCは24個/日×365日=8760個のデータ数で、両者の比較は難しく思われたが、調査結果 (図2、3、5、6) は

NMHCの動きとほぼ連動しているといえる。

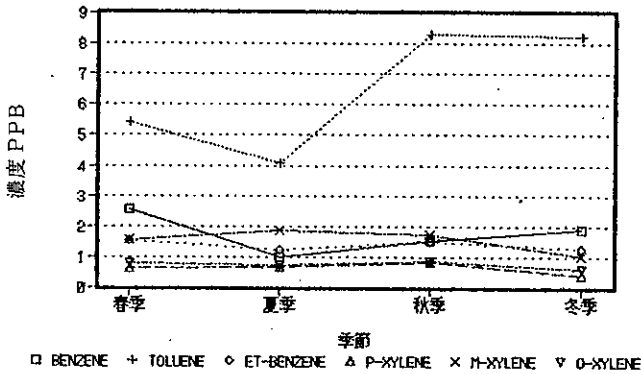


図7 化学物質炭化水素調査
江東：季節別変化

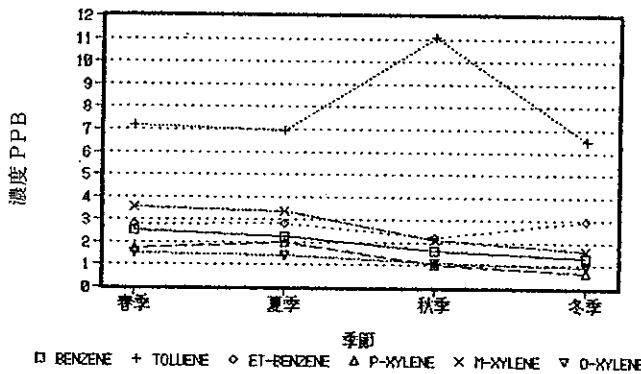


図8 化学物質炭化水素調査
新宿：季節別変化

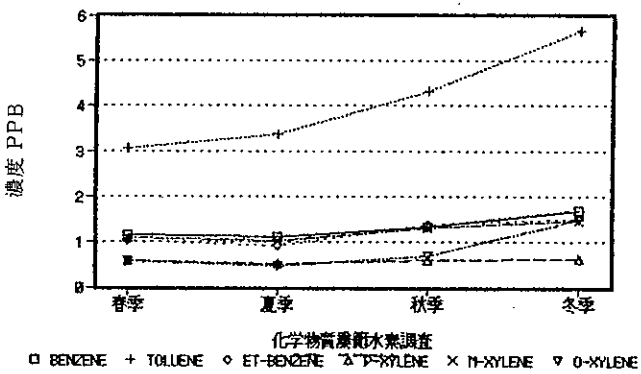


図9 化学物質炭化水素調査
多摩：季節別変化

4) 季節変化

各地点の上位6成分の季節別変化を図7～10に示す。トルエンは他の成分と比べてパターンが異なるが、概ね秋季に高く、一之瀬が春季に高くなっているのが特徴的である。他の5成分は、それぞれバラツキはあるが、江東は季節変化が小さい。新宿は冬季にかけて減少するが、多摩は逆に秋季から冬季にかけて上昇している。一之瀬

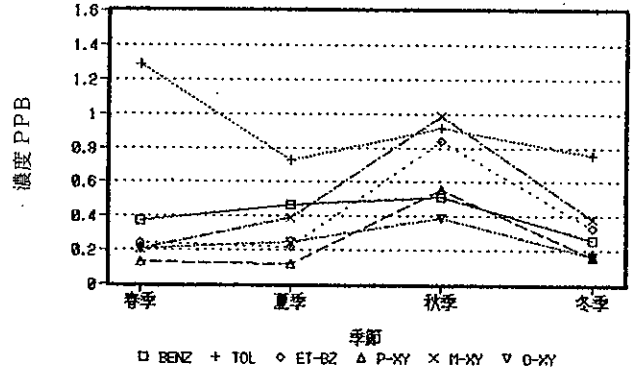


図10 化学物質炭化水素調査
一之瀬：季節別変化

は秋季に高い。この地点差が出る原因は不明である。これを新宿と多摩のNMHCの月別濃度変化でみると図11

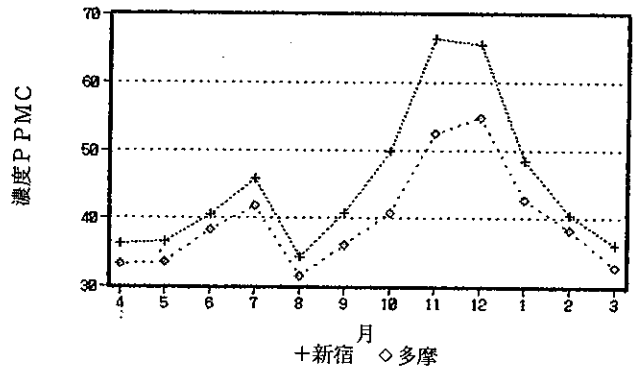


図11 NMHCの季節別変化

のようになり、晩秋から初冬にかけての大気の安定している頃にNMHCは高濃度になりやすく、8月に年間の最低濃度を示しているのが特徴的である。

5) 全炭化水素に占める割合

メタンを除く26成分の炭化水素成分中に占める上位6成分の割合の経年変化をみたのが図12である。多摩は多

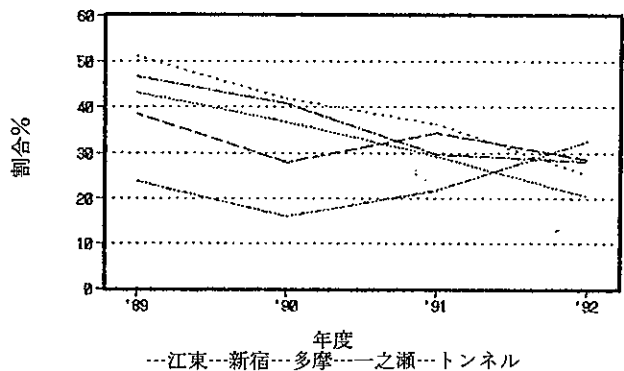


図12 全炭化水素中の6成分の割合の経年変化

少凹凸があるが、他の3地点を含めて全炭化水素中に占める割合の全体的傾向は低下している。ところが、併せて載せたトンネル内の空気（首都高速道路、笹子トンネル）の分析結果では90年度から6成分の割合が次第に増加し始めてきている。成分的にはエチルベンゼンとキシレンの増加が著しい。

6) 炭化水素の濃度低下の要因

大気中の炭化水素濃度は図1～4あるいはNMHCの図5で示したように年々低下している。他の汚染質は、大気汚染常時測定結果によれば、例えば二酸化イオウ、浮遊粒子状物質、二酸化窒素等は近年濃度上昇の傾向を示していたが、92年度に急激に濃度の低下を示した。また、一酸化炭素は1983年以来一般環境局では年平均値0.9ppmで一定していたのが92年度には0.8ppmという濃度になった。二酸化イオウと一酸化炭素の92年度の濃度も東京都が測定開始して以来最低の濃度である。NMHCも図5に示したように、都平均濃度は年々低下し、92年度は二酸化イオウや一酸化炭素と同じように測定開始以来の最低濃度となった。

環境の炭化水素濃度が低下した要因としては、次のような点が考えられる。

- a. 景気による要因
- b. 自動車による要因
- c. 固定発生源による要因
- d. 気象による要因
- e. その他の要因

aの景気（不況）による要因は無視できないと思われるが、ここでは割愛する。bの自動車と考えられる要因として排ガス規制による効果は別として、環境への影響は交通量と交通渋滞が大きい。1985年を100としたときの交通量が1992年には主要交差点で105³⁾、首都高速道路で154⁴⁾、交通渋滞時間数の比較では、1985年を100とすると1992年は101⁵⁾で、これらはほとんど改善されていないのが現状である。むしろ濃度を上昇させる要因として働いているといっている。cの固定発生源の要因としては、排ガス規制による効果は別として、東京の工業の空洞化といわれる現象が大きく左右しそうである。1985年を100（49,894工場数）とした工場数が1991年には80.9（40,351工場数）と、6年間に約2割の工場が廃業や移転等で東京からなくなっている⁶⁾。どの工場が環境汚染にどのくらい寄与していたのかは不明ではあるが、

これだけ多くの工場が消えていくことは汚染低下になんらかの影響を与えるであろう。dの気象因子として大きく左右するのは晩秋から初冬にかけての風速及び逆転層の形成である。前述したNMHC以外の汚染物質が92年度に大きく濃度が低下した要因として、風速が強く逆転層ができにくかったため、それまで上昇していた各汚染物質の濃度が低下したと考えることは十分考えられる。しかしながら、炭化水素はNMHCを含めて図1～4及び5に示したように年々濃度が減少しており、気象だけでは説明つきにくい。eの炭化水素を減少させるその他の要因として、航空、船舶の影響が考えられるがこれに関する資料は非常に少なく判断しにくい。それ以外として自動車排ガス組成の変化が考えられる。その一つにディーゼル車の増加が考えられる。ディーゼル車の保有台数が1985年を100とすると1992年は121で7年間で約1.2倍になっているが、1990年頃からほとんど増加していない⁷⁾。しかしながら排ガス組成をみると大きく変化している。図12で示した以外に、その一例として環境大気とトンネル内のアセチレン濃度の経年変化を図13に示す。

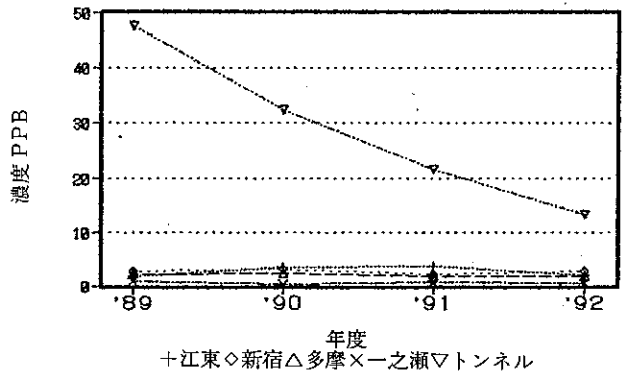


図13 アセチレンの経年変化

大気中のアセチレンの主発生源は自動車といわれ、アセチレンを指標として環境の炭化水素の解析を行うことが多い。トンネル内の空気の炭化水素成分は自動車の排ガスが主である。その排ガスの代表的成分であるアセチレンはトンネルでは92年度は89年度に比べ約73%もの濃度低下を示している。ところが、環境の調査結果では、アセチレンは概ねこの4年間では大きな変動を示していない。環境濃度が自動車の排ガスの影響を大きく受けていれば当然、アセチレン濃度の傾向もトンネル内のパターンに類似したものになるはずであるが、実際にはそうはなっていない。このことから、炭化水素の環境濃度への

影響は自動車排ガスより別の要因の方が相対的に大きいものと考えられる。

以上のことから、環境の炭化水素を減らす要因として考えられるのは、移動発生源及び固定発生源対策に加え、不確定な面が多いものの、工場の減少に伴う固定発生源からの排出量の減少が大きいものと思われる。

5 まとめ

化学物質調査成分の内、8成分の芳香族炭化水素についての汚染実態を検討してきた。これらをまとめると次のようになる。

- 1) 都内3地点の中では新宿の汚染強度が最も強く、低汚染地域である一之瀬は、都内に比ベトルエンで約1/6、それ以外の成分で約1/5の濃度である。
- 2) 芳香族炭化水素は年々濃度が低下している。89年度と92年度を比べ上位6成分の平均減少率をみると、江東40%、新宿67%、多摩59%、及び一之瀬76%と大幅に濃度が減少している。
- 3) これらの調査結果はNMHCの大気汚染常時測定結果に対応した動きを示している。
- 4) 全炭化水素に占める上位6成分の割合は年々低下し

ている。一方、トンネル内の空気の分析結果では6成分の割合が次第に増加しており、特にエチルベンゼンとキシレンの増加が著しい。

5) 炭化水素の経年的濃度減少の要因を検討した。不確定部分が多いものの、経年的な濃度の減少は移動発生源及び固定発生源対策に加え、工場数の減少に伴う排出量の減少による要因が大きいものと思われる。

参考文献

- 1) 化学物質による環境汚染に関する研究(第1～5報): 東京都環境科学研究所年報、(1989～1993)
- 2) 早福正孝ら: 冬季高濃度時の上空の炭化水素成分 東京都環境科学研究所年報1992-2、p54.
- 3) 交通量統計表: 警視庁.
- 4) 統計月報: 首都高速道路公団.
- 5) 交通年鑑: 警視庁.
- 6) 東京の工業(平成3年工業統計調査報告): 東京都(1991).
- 7) 自動車保有車両数: (財)自動車検査登録協会.

Environmental Pollutions by Hazard Chemicals

— Hydrocarbons —

Masataka Soufuku, Sekio Izumikawa
Hidetoshi Yoshioka, Kaoru Akiyama
and Takaharu Kiyomiya

We studied about 8 aromatic hydrocarbons as chemical substances during in four years between 1989 and 1992 fiscal year.

As a result, the concentration of these substances have decreased a 40% at Koto, a 67% at Shinjuku, a 59% at Tama, and a 76% at Ichinose, low concentration area, during 4 years. Each aromatic hydrocarbon to total hydrocarbon ratio decreases year by year, but reversely in car tunnel air, this ratio is increasing gradually from 1990 fiscal year. Especially, the ratio of ethylbenzene and xylene are remarkable.

We estimated that a major factor in decreasing hydrocarbons in atmosphere from year to year are decrease of number of factories.