

の多数決をもって心因説を採用する結末になってしまった。神奈川県では石油燃料消費量の多い順にガソリン車、ついでボイラーの排ガス制御を重点的にすすめる方針をとり続け、自動車原因研究もほとんど10年継続した。一方環境庁その他の関連研究機関は事件よりやや遅れて活動したが、フィールド調査をせず、チャンバー実験を主とした理論的取扱いを重視し、かつオレフィン類炭化水素を対象とするロスアンゼルスにおける文献を踏襲し、その追試から出発する状況であった。しかしながら、本邦の都市大気中にはオレフィン類の比率は少く、炭化水素汚染の主要因ではなく、従って、その研究方針は実態調査を優先すべき原則からはずれたとする難点を免がれなかった。後、芳香族の実験を扱うようになったが、勿論それは本学環境科学研究センターの研究に数年遅れるものであった。

このような社会状況にあって、著者らは昭和45年7月18日東京都杉並区立正学園で最初の被害が起こった直後、同地域の大气分析を実施して、都内大気が従前にはないトルエン高濃度状態にあることを初めて確認し、ついでトルエン、キシレン等芳香族原因説を提唱した^{1),2)}。以来、現在に至るまで一貫して芳香族炭化水素とその光化学生成物質の環境大気分析、およびチャンバー反応実験を継続した結果、両者の一致を証明することに成功した。これらは多数の^{3),4),5)}で報告して来た通りである。この間、最大の重要課題は被害がいかなる毒物により、いかなる状況下で生じたかという解答を求めることであった。これは、すべての科学現象と同じく、被害のあったその場での大気分析によって達成される単純な問題なのであるが、大いに努力したにもかかわらず、被害の場所、時点の予見が不可能なため、結局証拠試料の採取ができなかった。例えば1度重症被害があった場所で再び起こる可能性があると考えて神奈川県で2年間にわたって連日の採取を行ったが、その後被害はすべて他の地点で発生して、1度も遭遇することができなかった経験もある。その中に、光化学スモッグによる重症被害は終息に向い、直接被害原因を証明する手だてを失った。研究の方針としては、現在での光化学現象は最盛時の程度の小さい状態と想定して、環境調査とチャンバー実験との関連から統計的手法で間接的に考証するほかなくなった。結局、これら多数の調査データによって、光化学スモッグと芳香族炭化水素の相関関係は定性的には確認された。例えば、芳香族炭化水素はメチル基側鎖が増すにつれて反応速度は大となり、オレフィン類に対比して芳香族がより主要な要因となっていること、ニトロクレゾール類等多様の反応生成物は重症被害

害と類似した作用を有することなどである。しかし、一方定量的な証明は未だ達成されないままである。それゆえ、今残された疑問は果して当時の汚染濃度水準が、どの程度まで上昇したか、そして、どの程度の確率で被害が起こりえたかという点にしばられる。本研究はこの疑問に対する解答の一つを試みたものである。

幸い、光化学スモッグ被害多発時の芳香族炭化水素に関する大気分析データが記録されている^{6),7)}ので、これと現在での芳香族炭化水素連続測定結果と比較して、この問題を考察してみようと思う。当時、環境中炭化水素分析を実施したのは著者らの研究室だけであって、また現在多成分連続測定を実施しているのも本研究室以外にはないから、これら、手元にあるデータは過去の被害現象解明に迫るための唯一の資料である。以下、これらのデータについて統計的処理を行った結果を示すことにする。

2. 炭化水素の測定データ

解析に使用した炭化水素環境測定データは、光化学スモッグ多発時のものとして、昭和46年から47年にかけて横浜市内弘明寺旧横浜国大構内と神奈川中学構内で採取した約600検体、および現時点の代表として昭和58年に常盤台現横浜国立大構内で連続採取した約1700検体である。両者には約10年のへだたりがあり、この間機器の進歩もあって分析条件は若干異なる。すなわち、前者は大気100lを10分採取、低温吸着濃縮、島津製4APFガスクロマトグラフ、カラムTCP 25%, 3m, 常温から120°C昇温、FIDで1日に1乃至2検体を手操作で分析した。これに対し、後者はHewlett Packard製5880Aガスクロマトグラフおよび内蔵コンピュータを用いる自動連続分析、濃縮管はTenax GC, カラムはCrosslinked 5% Phenylmethylsilicone Ultra Performance Capillary Column, FIDで、大気1.7l, 20分採取、1時間毎繰返して1日24検体を分析した。しかし、個々の検体について見た場合の精度等には差はないものと考えられる。

両者の比較を行うに当って、前者は昼間の値だけで後者は24時間の値であるから、統一を計るために後者は午前6時より午後6時迄の昼間値だけを用いた。また、前者はC₂からC₈までを測定しているが、後者の条件ではC₆からC₉までの芳香族炭化水素を測定していて、ここでは両者共通で、最も注目しているC₆からC₈までの芳香族炭化水素を検討の対象とした。中でも常に最も濃度が高いトルエンを代表成分として比較検討を行った。

まず、総計2400検体個々のデータを載せる紙面の

表 1 芳香族炭化水素の濃度集計

			Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m, p-Xylene	o-Xylene
昭和 46年	横浜 国大 (弘明寺)	平均(ppb)	6.018	13.929	2.594	5.197	1.961
		標準偏差	10.488	21.455	4.837	6.593	2.467
		対トルエン比	0.432	1.000	0.186	0.373	0.141
		検体数	302	300	226	230	151
昭和 47年	神奈川 中学	平均(ppb)	3.944	13.961	2.595	4.978	1.873
		標準偏差	4.414	16.188	3.521	5.731	3.458
		対トルエン比	0.283	1.000	0.186	0.357	0.134
		検体数	385	361	298	297	191
昭和 58年	横浜 国大 (常盤台)	平均(ppb)	2.717	6.948	1.107	2.038	0.738
		標準偏差	2.572	7.000	0.985	1.704	0.599
		対トルエン比	0.391	1.000	0.159	0.293	0.106
		検体数	1716	1732	1727	1731	1735

表 2-1 芳香族炭化水素濃度の度数分布表

昭和 46 年~47 年 横浜国大(弘明寺)

濃度区分 $0.1 \times 10^x / 10$	Benzene		Toluene			Ethylbenzen		m, p-Xylene		o-Xylene	
	検体数	パーセント	検体数	パーセント	累積度数	検体数	パーセント	検体数	パーセント	検体数	パーセント
x= 1	5	1.66	2	0.67	0.67	16	7.08	2	0.87	12	7.95
2	0	0	0	0		3	1.33	0	0	0	0
3	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
4	5	1.66	0	0		10	4.42	5	2.17	9	5.96
5	8	2.65	3	1.00	1.67	16	7.08	8	3.48	10	6.62
6	0	0	0	0		3	1.33	0	0	1	0.66
7	7	2.32	3	1.00	2.67	14	6.19	9	3.91	9	5.96
8	5	1.66	1	0.33	3.00	9	3.98	8	3.48	9	5.96
9	3	0.99	7	2.33	5.33	9	3.98	9	3.91	9	5.96
10	12	3.97	6	2.00	7.33	18	7.96	10	4.35	13	8.61
11	19	6.29	10	3.33	10.66	18	7.96	16	6.96	8	5.30
12	17	5.63	13	4.33	14.99	24	10.62	12	5.22	14	9.27
13	21	6.95	19	6.33	21.32	12	5.31	7	3.04	14	9.27
14	29	9.60	11	3.66	24.98	14	6.19	23	10.00	8	5.30
15	19	6.29	16	5.33	30.31	12	5.31	17	7.39	7	4.64
16	24	7.95	11	3.67	33.98	9	3.98	18	7.83	7	4.64
17	23	7.62	20	6.67	40.65	15	6.64	12	5.22	3	1.99
18	22	7.28	22	7.33	47.98	3	1.33	17	7.39	7	4.64
19	14	4.64	20	6.67	54.65	3	1.33	11	4.78	8	5.30
20	21	6.95	22	7.33	61.98	7	3.10	9	3.91	1	0.66
21	17	5.63	16	5.33	67.31	4	1.77	12	5.22	0	0
22	7	2.32	21	7.00	74.31	3	1.33	9	3.91	2	1.32
23	11	3.64	20	6.67	80.98	0	0	5	2.17	0	0
24	6	1.99	11	3.67	84.65	2	0.88	3	1.30	0	0
25	4	1.32	15	5.00	89.65	1	0.44	6	2.61	0	0
26	2	0.66	9	3.00	92.65	0	0	1	0.43	0	0
27	0	0	9	3.00	95.65	0	0	1	0.43	0	0
28	1	0.33	10	3.33	98.98	1	0.44	0	0	0	0
29	0	0	2	0.67	99.65	0	0	0	0	0	0
30	0	0	1	0.33	99.98	0	0	0	0	0	0

表 2-2 昭和 46 年～47 年 神奈川中学

濃度区分 $0.1 \times 10^{x/10}$	Benzene		Toluene			Ethylbenzen		m, p-Xylene		o-Xylene	
	検体数	パーセント	検体数	パーセント	累積度数	検体数	パーセント	検体数	パーセント	検体数	パーセント
x= 1	3	0.78	0	0		4	1.34	0	0	1	0.52
2	2	0.52	0	0		2	0.67	1	0.34	1	0.52
3	1	0.26	0	0		0	0	0	0	5	2.62
4	5	1.30	1	0.26	0.26	8	2.68	2	0.67	2	1.05
5	3	0.78	2	0.52	0.78	6	2.01	2	0.67	4	2.09
6	2	0.52	2	0.52	1.30	8	2.68	1	0.34	8	4.19
7	7	1.82	0	0		22	7.38	6	2.02	7	3.66
8	11	2.86	1	0.26	1.56	13	4.36	3	1.01	22	11.52
9	16	4.16	4	1.04	2.6	30	10.07	10	3.37	19	9.95
10	27	7.01	1	0.26	2.86	17	5.70	16	5.39	23	12.04
11	23	5.97	6	1.57	4.43	8	2.68	25	8.42	18	9.42
12	28	7.27	7	1.83	6.26	28	9.40	19	6.40	18	9.42
13	34	8.83	12	3.13	9.38	29	9.73	15	5.05	19	9.95
14	30	7.79	15	3.92	13.30	27	9.06	22	7.41	16	8.38
15	30	7.79	21	5.48	18.78	23	7.72	27	9.09	9	4.71
16	42	10.91	30	7.83	26.61	16	5.34	28	9.43	4	2.09
17	31	8.05	32	8.36	34.97	20	6.71	25	8.42	6	3.14
18	26	6.75	31	8.09	43.06	12	4.03	25	8.42	3	1.57
19	17	4.42	26	6.79	49.85	10	3.36	14	4.71	1	0.52
20	13	3.38	30	7.83	57.68	5	1.68	17	5.72	1	0.52
21	8	2.08	29	7.57	65.26	2	0.67	14	4.71	2	1.05
22	16	4.16	22	5.74	71.00	6	2.01	10	3.37	0	0
23	6	1.56	19	4.96	75.96	1	0.34	5	1.68	0	0
24	2	0.52	30	7.83	83.79	0	0	3	1.01	0	0
25	1	0.26	22	5.74	89.53	0	0	4	1.34	1	0.52
26	1	0.26	20	5.22	94.75	1	0.34	3	1.01	1	0.52
27	0	0	8	2.09	96.84	0	0	0	0	0	0
28	0	0	6	1.57	98.41	0	0	0	0	0	0
29	0	0	3	0.78	99.19	0	0	0	0	0	0
30	0	0	3	0.78	99.97	0	0	0	0	0	0

余地がないので、Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, o-Xylene について全試料を集計したデータを表 1 に示した。

つぎに環境中濃度分布を調べる目的で、 $0.1 \times 10^{x/10}$ ppb ($x=1\sim 30$) 各成分についての濃度区分に分けて、その度数を集計した値を表 2 に示した。

3. 炭化水素大気濃度の評価

まず表 1 について、各成分比を見ると、Toluene を基準として、Benzene および m,p-Xylene, Ethylbenzene, o-Xylene の順になっており、新旧いずれの場合もがソリン車排気ガスを主要排出源とする汚染構成となっている点には変化はない。

つぎに、平均値を見ると、弘明寺、神奈川中学に比べて常盤台は減少しており、Toluene の濃度はほとんど正確に 1/2 になっている。このことは他の炭化水素を含めた総量も大よ 1/2 になっていることを示す。こ

の比較値の誤差要因の一つに測定地点が同じでないことがある。これに対していくつかの傍証によって補足する外、現時点では方法がない。まず、都市域の自動車排気ガス汚染は幹線道路上およびその周辺と、道路から数 10 m 以上離れた市街地あるいは住宅地域の二つに大別して扱うのが普通である。このため県の大気汚染測定点も道路端の自動車排気ガス測定局(自排局)と一般環境測定局(環境局)に分けられている。道路はいわば発生源であるから濃度が高く、地点毎にその差も大きい。他方環境局は相互の濃度に大きな差はないので、大都市域では幹線道路端以外は大体平均した濃度水準にあると考えられる。測定地点の位置関係を見ると、弘明寺が鎌倉街道から 150 m、丘を越えて湾岸道路から約 2 km であり、神奈川中学は国道 1 号から、800 m、網島街道から 100 m であり、常盤台は国道 1 号から、400 m、国道 16 号から 600 m 離れている。いずれも一般環境測定局と同じ条件であって、

表 2-3 昭和 46 年～47 年 横浜国大(常盤台)

濃度区分 0.1×10^{-10}	Benzene		Toluene			Ethylbenzen		m, p-Xylene		o-Xylene	
	検体数	パーセント	検体数	パーセント	累積度数	検体数	パーセント	検体数	パーセント	検体数	パーセント
x= 1	0	0	0	0		5	0.29	0	0	14	0.81
2	0	0	0	0		6	0.35	0	0	26	1.50
3	0	0	0	0		30	1.74	0	0	64	3.69
4	0	0	0	0		42	2.43	1	0.058	107	6.17
5	1	0.058	0	0		97	5.62	5	0.29	140	8.07
6	2	0.12	0	0		142	8.22	17	0.98	202	11.64
7	14	0.82	1	0.058		150	8.69	47	2.72	224	12.91
8	24	1.40	0	0		208	12.04	68	3.93	222	12.80
9	53	3.09	9	0.52	0.578	192	11.12	131	7.57	211	12.16
10	109	6.35	14	0.81	1.388	181	10.48	174	10.05	149	8.59
11	183	10.66	32	1.85	3.238	168	9.73	238	13.75	120	6.92
12	219	12.76	61	3.52	6.758	157	9.09	238	13.75	101	5.82
13	222	12.94	101	5.83	12.588	115	6.66	224	12.94	75	4.32
14	212	12.35	136	7.85	20.438	92	5.33	158	9.13	49	2.82
15	187	10.90	149	8.60	29.038	63	3.65	136	7.86	20	1.16
16	170	9.91	198	11.43	40.468	43	2.49	101	5.83	6	0.35
17	122	7.11	207	11.95	52.418	22	1.27	93	5.37	3	0.17
18	101	5.89	181	10.45	62.868	8	0.46	54	3.12	2	0.12
19	55	3.21	154	8.89	71.758	5	0.29	24	1.39	0	0
20	27	1.57	151	8.72	80.478	0	0	13	0.75	0	0
21	9	0.52	109	6.29	86.768	1	0.058	4	0.23	0	0
22	1	0.058	95	5.48	92.248	0	0	3	0.17	0	0
23	2	0.12	62	3.58	95.828	0	0	2	0.12	0	0
24	2	0.12	33	1.91	97.738	0	0	0	0	0	0
25	0	0	18	1.04	98.778	0	0	0	0	0	0
26	0	0	10	0.58	99.358	0	0	0	0	0	0
27	0	0	3	0.17	99.528	0	0	0	0	0	0
28	0	0	4	0.23	99.758	0	0	0	0	0	0
29	1	0.058	4	0.23	99.988	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0

炭化水素濃度に極端な差が生ずる理由はない。

つぎに横浜市および川崎市内の測定局における一酸化炭素とノンメタン炭化水素濃度の経年変化を⁷⁾ 図 1 にプロットして示す。

これによれば、一酸化炭素はガソリン車排気ガスを直接示すものだし、ノンメタン炭化水素も一部ジーゼル車排気ガスを含むものの、大勢はガソリン車排気ガスの影響を示すと考えてよく、両者共年度毎漸減の傾向にあることが見てとれる。一酸化炭素は自排局と環境局に別けて見ると平均値に倍の差があるが、どちらも 10 年間に約 1/2 の減少となっている。また、ノンメタンの方は昭和 50 年以後のデータしかなく、それも環境局のものだけであるが、一酸化炭素とはほぼ同様の減少傾向にあるとしてよいであろう。勿論、都市大気中一酸化炭素とノンメタンの減少は自動車排気ガス規制による結果であって、これが共に 40 年代後半から 50 年代後半にかけて 1/2 の減少と記録されていること

は、本研究で求めた統計結果の傍証とと考えてよい。

それでは、炭化水素の環境濃度平均が 10 年で 1/2 となった原因を考察して見る。平均濃度はその地域の排出量に対応する。そして、排出量は 1 台当りの排出量と走行台数を掛けて表わされる。従って約 10 年前と後での両者の変化を算定して比較した。ただし、この算定には自動車工業会の資料^{8),9)} を使用し、そのガソリン車を対象とした。まず、表 3 に各自動車メーカー各車種に関する 10 モードによる排気ガス中炭化水素濃度の年度別数値を示す。

炭化水素についての排気ガス規制は、51 年規制以後は変化ないので、昭和 48 年～50 年と 51 年以後の二つに大別して、それぞれの平均値を求めた。ここで概数で前者(未対策車)は 1.58 g/km、後(対策車)は 0.074 g/km の炭化水素排出量と見積られる。

つぎに、50 年以前と 51 年以後 58 年までの間の乗用車保有台数(全国)を比較すると表 4 で示されている。

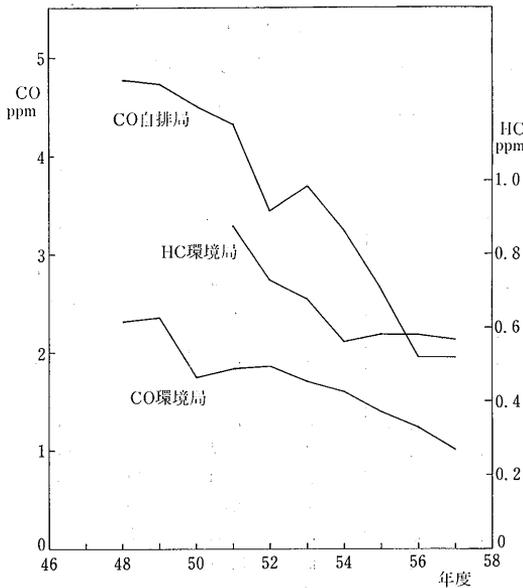


図1 一酸化炭素とノンメタン炭化水素の経年変化 (横浜市および川崎市内)

ここで、やはり概数として前者は 22,424,733/1.7312 台、後者は 22,424,733 台で、2 倍近くの増加となっている。従って、50 年当時と 58 年当時の排気ガスによる炭化水素の総量比を求めると、

$$\begin{aligned} & \left[\frac{22,424,733}{1.7312} \times 1.58a \right] \\ & \div [1.7821950 \times 0.074a + 4602783 \times 1.58a] \\ & = 20.466196a \div 8591221a \div 2.38 = 1/0.42 \end{aligned}$$

なお、*a* は各車同等に稼動すると仮定して、その走行キロ数とする。この結果からガソリン車の炭化水素排出量は約半分になっていることがわかる。つまり、概略の傾向として光化学スモッグ多発時と現在の沈静時とでは、自動車台数は倍増しているが、1 台当りの炭化水素の平均排出量は 1/4 と改善されたため、炭化水素の環境量は約 1/2 になったと推定される。

つぎに都市環境中の炭化水素濃度分布についてであるが、表 2 で求めた度数分布によって考察する。ここでは代表成分として Toluene を取り上げ、その累積度数を対数正規確率紙にプロットして分布状態を調べた結果を図 2 に示す。

表 3 自動車排気ガス中炭化水素濃度の年度別数値 (g/km)

4 サイクルガソリンエンジンの 10 モード値
排ガス規制値は許容限度 () 内は規制平均値

排気量 (cc) / 年度	550	1200	1300	1500	1600	1800	2000	2600	2800	排ガス値規制
48		2.74 2.15	1.07			2.48	1.47	1.45		3.80 (2.94)
49			0.119		2.03		2.93			
50							1.41	0.02	0.09	0.39 (0.25)
51										0.39 (0.25)
52		0.025	0.065		0.065 0.095		0.01 0.065	0.055		
53				0.058 0.095		0.085 0.084 0.106 0.045	0.04		0.035 0.02	0.39 (0.25)
54	1.45			0.05 0.04			0.11 0.105 0.035		0.045	
55				0.07		0.07	0.03 0.03		0.03 0.02 0.01	
56										
57				0.04		0.03				
58					0.03	0.02	0.015 0.025			

(自動車研究所資料)

表 4 昭和 58 年度 乗用車の燃料別保有台数

燃 料 別	初度登録年 51年以後台数	初度登録年 50年以前台数	合 計		前 年 比	50 年 比
			台 数	構成比		
ガソリン	17,821,950	4,602,783	22,424,733	95.88	103.09	173.12
軽油	662,618	1,808	664,426	2.84	141.68	20,312.63
LPG	268,632	30,834	299,466	1.28	102.07	123.91
電気	4	1	5	...	—	35.71
併用車	206	110	316	...	152.66	33.58
その他	6	187	193	...	70.70	5.50
乗用車計	18,753,416	4,635,723	23,389,139	100.00	103.88	177.15

(自動車研究所資料)

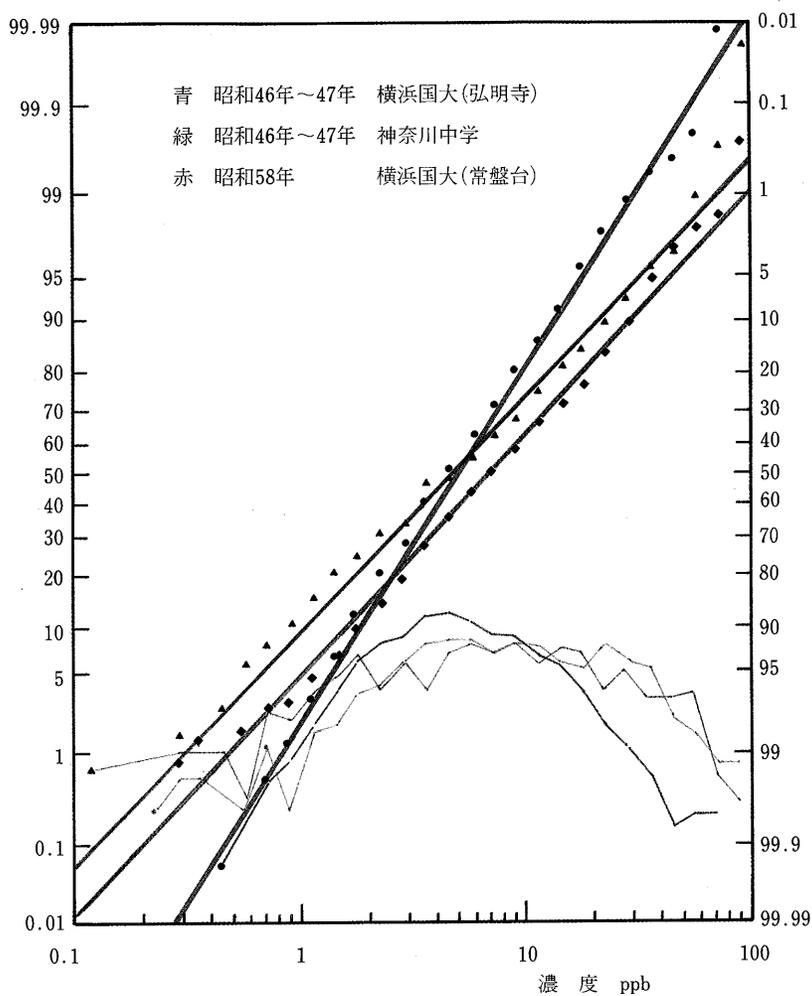


図 2 Toluene 濃度累積度数分布

このグラフでは比較を容易にするために、弘明寺、神奈川中学および常盤台のデータを色分けして重ねて図示した。この比較によって以下のことが明らかになった。

1) 46年～47年の方が分布の広がりが大きく、ピークが明瞭でないのに対し、58年は広がりが狭く、ピークがより明瞭である。このことは累積度数分布の傾きの差として出ており、前者は傾きが緩やかであり、後者は急である。すなわち、以前は汚染が低い状況があった一方でしばしば高汚染状況が起こっており、これに対して現在では低い汚染も高い汚染もなく、汚染が均一化の状況にあることを示している。グラフには100 ppbの値までしかプロットができてないが、この傾向から見ると46年～47年の時点では100 ppbより上の値がしばしばありえたことが推定される。

2) 上記の相違はあっても、中央値は余り変わらない。都市大気中の自動車排気ガスの動態の基本的な性質には大きな違いはないと考えられる。

ところで、累積度数分布の傾きが変化した場合については、自動車走行台数の増加が考えられる。この10年間に自動車台数は約2倍上昇し、燃料消費量も約2倍増となった。この事実は一地域での自動車の密度が倍になったことで、都市域について見れば幹線道路に限らず、都市全域の道路に自動車が増えたことを示している。事実この現象は都市住民の認める体験とも

一致する。そして、もしそのように考えれば、都市環境について自動車排気ガスは慢延して均一化したといえる。ただし、ここで一台当りの排気ガス濃度は大幅に減少しているの、高濃度状態がなくなって図2で認められるように、炭化水素濃度の累積度数分布の傾きが急になる方向に変化したと説明できる。

4. 気象条件と被害に関する考察

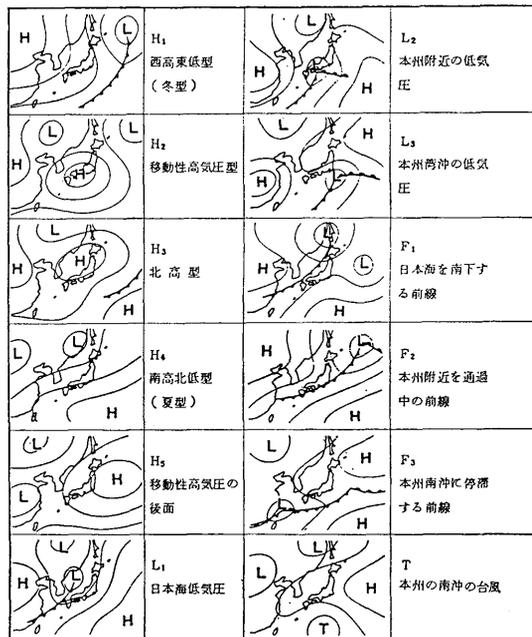
炭化水素の発生と分布について上記のような変化が認められるとして、これが被害の発生と関係するには気象条件の検討が必要である。つまり、汚染質の発生と気象条件が重なって光化学スモッグが発生し、その結果被害が起こるといふ順序で考える。なお、ここでは神奈川県で集計した資料⁷⁾に基づいて考察した。

まず、高濃度の光化学スモッグ（オキシダント濃度0.12 ppm以上）が発生しやすい気象条件は経験上つぎの通りとなっている。

- 1) 日中の最高気温が 25°C 以上
- 2) 1日の日照時間が4時間以上
- 3) 午前9時の視程が10km未満
- 4) 天気図型が H₂, H₃, H₄, H₅, F₂ および F₃ のいずれかに該当、なお天気図型は図3に示す。

これらの条件を満たした日数を A とする。

つぎに実際の高濃度オキシダント出現日数を B とし、また被害発生日数を C とし、年度別集計を表



(神奈川県資料)

図3 天気図型モデル

5 に示す。

なお、この集計値の参考として、図4に気象条件該当日数と高濃度オキシダント出現日数の年度別変化と、表6に被害届出状況の年度別集計⁷⁾を示した。

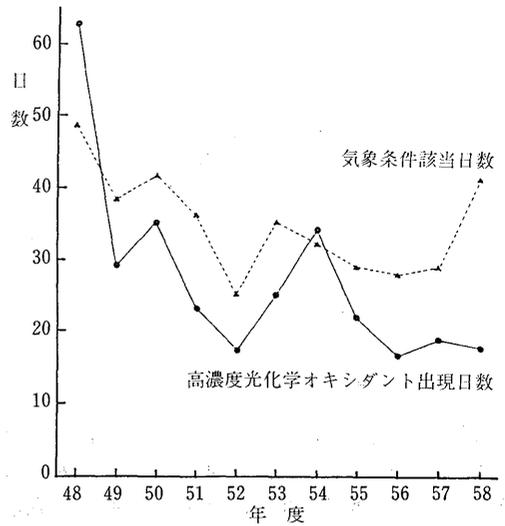
さて、表について B/A および C/A、つまり光化学スモッグ発生該当日数に対する高濃度オキシダント出現日数および被害発生日数の比率を求め、その年度別変化を指数関数回帰で図示した結果を図5、図6に示した。

ここで、B/A では相関係数 $R=0.66$ 、C/A は $R=0.84$ となり、両者共に減少傾向にあることが分った。すなわち、気象条件は光化学スモッグ発生の重要因子

表5 光化学スモッグ現象年度別集計

年度	光化学スモッグ発生気象条件該当日数 (A)			高濃度光化学オキシダント出現日数 (B)		被害発生日数 (C)	
	A	B	C	B/A	C/A		
48	48	62	17	1.29	0.35		
49	38	29	15	0.76	0.39		
50	42	35	11	0.83	0.26		
51	36	23	7	0.64	0.19		
52	25	18	5	0.72	0.20		
53	35	25	6	0.71	0.17		
54	32	34	3	1.06	0.093		
55	29	22	3	0.76	0.10		
56	28	17	5	0.61	0.18		
57	29	19	4	0.66	0.14		
58	41	18	4	0.44	0.098		

であるから、その影響を消去して見ないと、汚染質と光化学スモッグあるいは被害の関係を比較することはできない。今これを日数の比較という一種の近似で考察した場合、光化学オキシダント濃度の減少、被害の減少は、炭化水素濃度の減少に対応していることが明らかである。



(神奈川県資料)

図4 気象条件と光化学スモッグ年度別推移

表6 年度別被害届出状況 (神奈川県)

区分 年度	被害届出者数(人)						被害発生日数	被害届出件数
	幼児	小学生	中学生	高校生	一般県民	合計		
47	12	97	727	159	388	1,383	16	65
48	10	713	1,392	28	383	2,526	17	71
49	0	71	664	2	204	941	15	45
50	24	1,342	7,474	969	1,688	11,497	11	136
51	0	84	1,816	16	41	1,957	7	31
52	0	481	677	32	142	1,332	5	25
53	0	22	101	66	1	190	6	9
54	3	276	1,685	60	7	2,031	3	30
55	0	52	908	15	4	979	3	16
56	1	70	591	33	0	695	5	45
57	0	0	1	3	8	12	4	6
58	2	32	458	0	5	497	4	24
合計	52	3,240	16,494	1,383	2,871	24,040	96	503
被害者の比率 (%)	0.2	13.5	68.6	5.8	11.9	100		

(神奈川県資料)

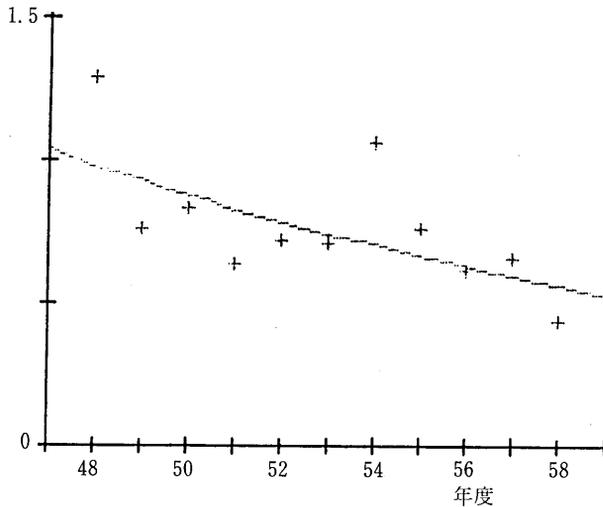


図5 オキシダント発生の推移 B/A

5. 確率的推論の試案

以上、多数環境測定値の統計的取扱いの結果、光化学スモッグ多発時の炭化水素濃度は現在の約2倍であり、かつ高濃度域に分布していた状態が明らかになった。また、10年間の炭化水素濃度の減少と、光化学スモッグの減少および被害の減少は対応した傾向にあることもわかった。従って両者に平行関係があることは単純に看取することができる。しかし、重症被害の直接原因という点では、被害現象の数値化が困難であった。炭化水素濃度測定と同列の精度をもった資料を有しない。人体被害の因果関係には常に遭遇する問題であるが、本事象は一過性でそれが著しい。それゆえ、ここでは前記炭化水素分布データから推論可能な思考モデル実験を試みて、研究の考え方を提示することにする。

今、図2において、例えば神奈川中学を見ると、Toluene 100 ppb 以上となる確率は1%であり、弘明寺のそれは0.4%と読み取れる。また同様に常盤台ではグラフを外挿して0.007%となる。つまり、46年～47年当時と58年時点を比較して見ると、前者では100 ppb の高濃度は100地点で1地点の割合であるのに対し、後者では10,000地点で1地点以下の割合で起こりうることを示している。100 ppb 以上となる確率が昔と今では100倍の差があるわけである。だから、もし昔と今で1/100に減少した症例があったとすれば、それは100 ppb 以上の濃度で発生する症状であ

るとも推論ができる。つぎに、さらに1 ppm の高濃度を想定して見ると、神奈川中学のデータからは、それは0.0005% すなわち1/20,000の確率での発生が期待される。ところが、同じ状態を58年常盤台で見ると、およそ 10^{-7} の確率となって非常に起こり難い計算となる。

ちなみに光化学スモッグ被害を分類してみると、最も軽い一般的症状は、目がチカチカ、目が痛い、涙がでる等の目の刺激、ついでのがか痛い、のがカラカラ等ののどの刺激で、これらは軽症被害とされる。つぎに、胸の痛み、息苦しい、せき込み、頭痛、気持ちが悪いとなり、さらに呼吸困難、手足のしびれ、はき気、目まい、発熱となって、これらが重症被害とみなされ、個々の被害例についてどこから重症被害とするかは簡単ではないが、仮りに最後の5症状をもってすると、神奈川県下で46年に8日間被害があってその中1回(8/21)、47年に16日の被害で2回(6/10, 6/11)、48年に17日で3回(5/26, 7/18, 8/8)、49年に15日で1回(5/18)発生し、それ以後は1度も発生していない¹⁰⁾。

被害の重症と軽症は汚染質の濃度に対応するとして、重症被害は勿論汚染質高濃度の状況下で発生する。従って汚染質高濃度出現の確率が減少したことが、重症被害発生頻度の減少となつたと考えられる。

今かりに都市環境中(道路端でなく)1 ppm のToluene濃度が認められたとすると、それは自動車排気ガスが1/100程度しか薄まらないで拡散している状

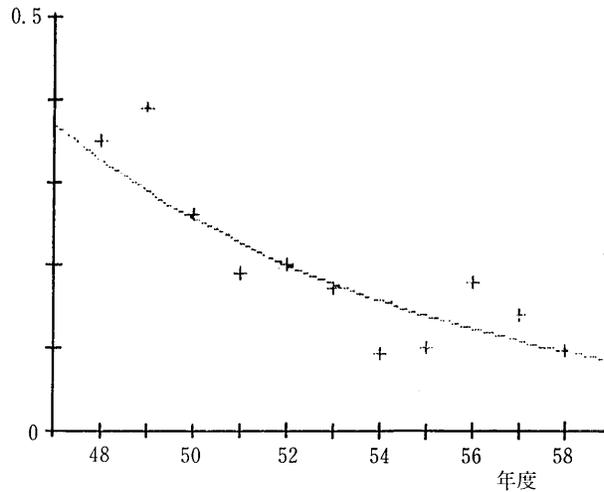


図 6 光化学スモッグ被害の推移 C/A

態とみなされるから、そのような排気ガス気団内で光化学反応が活発に進行した場合、各種の光化学反応生成物が ppm レベルで含まれる機会が充分起こりうる。だから、もしもこの程度の毒性ガス濃度水準で症状が発生するとしたら、上記統計資料から見て重症被害が起こることも無理な推論ではないと考えられる。本報は被害発生の可能性に関する仮説を提出したので、これで直接因果関係の証明にはならない。しかし、46年～47年と58年の測定データをもとに光化学スモッグ多発時に汚染質の高濃度が起こる可能性があったと仮説が立てられるとすれば、それ以上充分な根拠が示されない限り、これを否定はできないと思う。従って、上記推論を補充する方向で今後研究を進めるつもりである。

6. 結 語

本研究は昭和46年～47年の光化学スモッグ多発時に測定した約600検体の炭化水素データと58年光化学スモッグ沈静時に測定した約1,700検体の炭化水素データを統計解析して、両時期の汚染状態を比較した結果、約10年間に炭化水素濃度は半減したこと、および分布状態が均一化して、かつての高濃度出現がなくなったことが明らかになった。この事実をもとに、気象条件、被害状況の推移等考察して、かつての光化学重症被害は当時の自動車排気ガスによる炭化水素高濃度出現の確率によって説明できることを示した。ただ、光化学スモッグに関しては各機関に数多くの資料

があり、その扱いによって推論に多少の差が生ずることは免がれない。本報は光化学スモッグ現象の変化を明快に考察する意図で、炭化水素減衰に注目して資料を選択した。従って、この理論の細部にわたる検証等の補充は今後の課題である。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、神奈川県および自動車研究所の協力をえた。これは単に資料の提供にとどまらず、10年以上長期にわたって、この問題を討議して来たのであって、本報告はその結果の一つである。記して感謝の意を表わす次第である。

引 用 文 献

- 1) 加藤龍夫・花井義道・堀本能之・加地浩成：光化学スモッグ被害原因物質の解明に関する研究，横浜国大環境研紀要，1，37（1974）
- 2) 加藤龍夫：光化学スモッグ原因物質の調査研究，安全工学，11，271（1972）
- 3) 加藤龍夫・花井義道：芳香族炭化水素の光化学反応に関する研究，横浜国大環境研紀要，2，1（1976）
- 4) 花井義道・加藤龍夫：光化学スモッグ成分に対する芳香族炭化水素の役割，横国大環境研紀要，5，53（1979）
- 5) 花井義道・加藤龍夫・南谷 裕：大気中のギ酸と酢酸の生成反応に関する研究，横国大環境研紀要，7，21（1981）
- 6) 加藤龍夫：光化学スモッグ時の有害物質調査研

- 究, 神奈川県提出報告書 (1973)
- 7) 神奈川県炭化水素系物質検討委員会: 神奈川県炭化水素系物質検討委員会報告書 (1984)
 - 8) 自動車検査登録協会 (財): 昭和 58 年月末現在の自動車保有台数分析 (1983)
 - 9) 日本自動車研究所研究第 2 部: 自動車排出ガス測定結果 (1973~1983)
 - 10) 神奈川県環境部: 神奈川県大気汚染調査研究報告, 第 14 報 (1972), 第 15 報 (1973), 第 16 報 (1974), 第 17 報 (1975)