

東京都のベンゾ(a)ピレン等の汚染について

広野 富雄 朝来野 国彦 大平 俊男
嵐谷 奎一 松下 秀鶴
(東理大・助) (労 衛 研)

1. はじめに

都市およびその周辺における肺癌発生率は近年急速に増大しつつある。この原因として診断技術の進歩、タバコ喫煙などの諸因子があげられているが、大気汚染物質中に含まれている発癌性物質もまたその重要な一因子と考えられている。そして、自動車排ガスは大気中発癌性物質の主要な発生源の一つであると見なされている。

そこで、自動車排ガスの発癌性物質汚染に対する寄与や、排ガスの人体への影響を調べる研究の手はじめとして次の調査研究を行った。すなわち、自動車の寄与率が高いと思われる交差点、トンネル内および走行自動車内のベンゾ(a)ピレン[BaP]などの多環芳香族炭化水素[P.A.H.]や一酸化炭素などを測定し、そして、BaPを発癌性指標物質とすることの妥当性の検討および粉塵粒径とBaP含量の関係をみた。

また、都内常設測定点(11ヶ所13地点)において定期的に採取された浮遊粒子状物質中のBaPなどのP.A.H.を測定し、汚染状況の地域差とその経月変動をみた。

2. 測定場所

交 差 点：日比谷交差点
トンネル：飯倉第二トンネル
自動車内：首都高速環状外回り
内堀通り
昭和通り
常設測定点：図1のとおり

3. 採取および測定方法

日比谷交差点および飯倉トンネルでは、ハイボリウムエアースンプラー(C.P.S.)で3~4日間連続して吸引し、粒径別に粉塵採取を行った。また、走行中自動車(ダブルキャブ)内での採取は、粉塵はハイボリウムエアースンプラーを、一酸化炭素はビニールバッグに連続して45分間採取した。なお、吸引空気は車外に排出し、電源は荷台に発電機を乗せそれを用いた。

常設測定点では、ハイボリウムエアースンプラーにより原則として10時から翌日10時までの24時間連続吸引し

図1 測定場所

- | | | |
|----------------------|--------------------|-------------------|
| 1 東京都公害研究所
(千代田区) | 5 板橋区役所 | 9 東京タワー
(港区) |
| 2 江東区役所 | 6 都立衛生研究所
(新宿区) | 10 農業試験場
(立川市) |
| 3 江戸川区役所 | 7 世田谷区役所 | 11 小笠原支庁
(父島) |
| 4 荒川区役所 | 8 麩谷保健所
(大田区) | |



粉塵採取を行った。なお、1973年5月以降は C. P. S. に
より10 μ カットをしており、分析に供した試料は粉塵粒
径10 μ 以下のものである。

P. A. H. の分析は、真空昇華装置の試料フラスコに粉
塵を捕集したフィルターごとに入れ、10⁻²~10⁻³mmHgの
減圧下、300 $^{\circ}$ C で30分間加熱する。P. A. H. 類は比較的
選択的に昇華抽出され昇華管の冷却部に析出する。析出
物をベンゼンに溶かし試料溶液とする。次に、試料溶液
をアルミナG層およびアセチル化セルロース層を用い
た、二層一次元薄層クロマトグラフで P. A. H. を展開
する。そして、BaP など各々のスポットをかき取り、
ジメチルスルホオキシド (D. M. S. O.) で溶解し蛍光
分光法で定量する。また、一酸化炭素はビニールバッグ
に採取した試料を N. D. I. R. によって分析した。

4. 結 果

1) トンネル、道路および自動車内の BaP 汚染

測定結果は表1, 2に示すとおりである。表1は日比
谷交差点および飯倉トンネルの BaP などの P. A. H. の
粒径別濃度を示したものである。日比谷交差点での BaP
濃度は約2 μ g/1000m³ Air, 2 μ g/g dust, 飯倉トン
ネルでは約10 μ g/1000m³ Air, 5 μ g/g dust と、単位空気
量当りで5倍、単位粉塵量当りで2.5倍、飯倉トンネルの
ほうが高い。また、他の P. A. H. でも単位空気量当りで
約2.5~4.5倍、単位粉塵量当りで約1.5~2.5倍と高い。
このようにトンネル内が高濃度なのは場所が閉鎖的なこ
と、自動車排ガスの寄与率が高いことなどがあげられ
る。

また、表1および図2の粒径別 BaP 分布からわかる

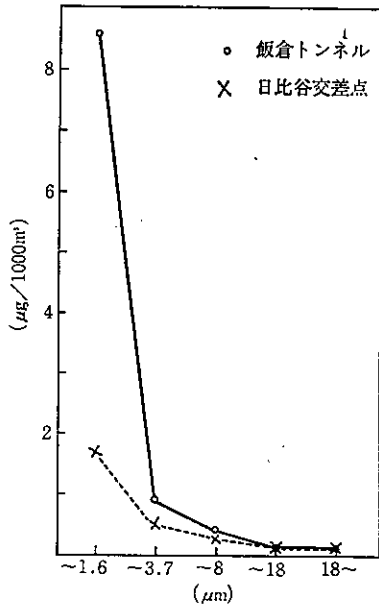
表1 粒径別多環芳香族炭化水素濃度

場所	月日	粒 径 (μ)	粉塵量 (μ g/m ³)	B(a)P		B(a)A		B(ghi)P		Py.		B(k)F	
				μ g/1000m ³	μ g/g	μ g/1000m ³	μ g/g	μ g/1000m ³	μ g/g	μ g/1000m ³	μ g/g	μ g/1000m ³	μ g/g
日 比 谷 交 差 点	13	18以上	312.0	0.105	0.337	0.088	0.283	0.332	1.07	0.470	1.51	0.054	0.175
		8~18	96.2	0.109	1.14	0.058	0.612	0.210	2.19	0.193	2.01	0.071	0.743
		3.7~8	89.1	0.416	4.67	0.189	2.12	0.420	4.72	0.294	3.30	0.243	2.74
		1.6~3.7	80.2	0.609	7.60	0.260	3.25	1.26	15.7	0.281	3.51	0.353	4.40
		1.6以下	498.7	1.70	3.87	0.807	1.84	6.84	15.6	1.13	2.58	1.24	2.83
	Total	1016.2	2.94	2.89	1.40	1.38	9.06	8.92	2.37	2.33	1.96	1.93	
	17	18以上	362.4	0.041	0.115	0.080	0.221	0.254	0.704	0.349	0.966	0.056	0.155
		8~18	109.7	0.085	0.784	0.065	0.595	0.234	2.14	0.180	1.65	0.083	0.757
		3.7~8	127.8	0.287	2.25	0.198	1.55	0.593	4.64	0.305	2.39	0.275	2.16
		1.6~3.7	142.7	0.667	4.67	0.314	2.20	1.08	7.56	0.432	3.03	0.432	3.03
1.6以下		514.5	1.37	2.66	0.966	1.88	6.16	12.0	1.37	2.66	1.40	2.71	
Total	1257.1	2.45	1.95	1.62	1.29	8.32	6.62	2.64	2.10	2.25	1.79		
20	18以上	286.0	0.012	0.042	0.032	0.113	0.185	0.649	0.201	0.706	0.020	0.071	
	8~18	94.1	0.012	0.129	0.016	0.172	0.185	1.97	0.100	1.07	0.020	0.215	
	3.7~8	103.5	0.024	0.234	0.040	0.390	0.367	3.55	0.133	1.29	0.088	0.858	
	1.6~3.7	95.2	0.108	1.14	0.068	0.721	0.662	6.95	0.234	2.46	0.153	1.61	
	1.6以下	364.6	0.500	1.37	0.314	0.864	4.56	12.5	0.795	2.18	0.710	1.95	
Total	943.4	0.656	0.698	0.470	0.501	5.96	6.32	1.46	1.55	0.991	1.05		
飯 倉 ト ン ネ ル	13	18以上	516.7	0.187	0.364	0.249	0.482	0.432	0.838	1.43	2.77	0.118	0.229
		8~18	145.6	0.020	0.140	0.102	0.701	0.396	2.72	0.428	2.95	0.093	0.645
		3.7~8	114.1	0.171	1.50	0.289	2.54	0.780	6.84	0.498	4.37	0.212	1.86
		1.6~3.7	130.2	0.428	3.29	0.616	4.74	1.698	13.0	0.849	6.52	0.465	3.58
		1.6以下	829.3	7.53	9.08	3.87	4.67	26.0	31.3	4.95	5.97	3.34	4.03
	Total	1735.9	8.34	4.81	5.13	2.97	29.3	16.9	8.16	4.70	4.23	2.44	
	17	18以上	490.2	0.013	0.027	0.052	0.106	0.234	0.479	0.847	1.73	0.071	0.146
		8~18	163.2	0.140	0.859	0.189	1.16	0.326	2.00	0.485	2.98	0.378	2.32
		3.7~8	164.3	0.440	2.68	0.485	2.96	0.831	5.06	0.704	4.29	0.326	1.99
		1.6~3.7	198.5	1.03	5.21	0.841	4.24	1.63	8.21	0.991	4.99	0.534	2.69
1.6以下		1039.5	8.94	8.60	4.71	4.53	23.3	22.4	5.29	5.09	3.53	3.40	
Total	2055.7	10.6	5.14	6.28	3.06	26.3	12.8	8.32	4.05	4.84	2.36		
20	18以上	486.8	0.057	0.118	0.172	0.354	0.521	1.07	0.956	1.97	0.065	0.135	
	8~18	152.5	0.045	0.296	0.131	0.862	0.340	2.24	0.447	2.94	0.069	0.458	
	3.7~8	169.8	0.291	1.72	0.340	2.01	0.874	5.15	0.537	3.17	0.234	1.38	
	1.6~3.7	170.0	1.33	7.83	0.780	4.59	2.18	12.8	1.11	6.55	0.476	2.80	
	1.6以下	906.0	9.21	10.2	3.21	3.55	25.6	28.2	4.51	4.98	3.04	3.36	
Total	1885.1	10.9	5.80	4.63	2.46	29.5	15.7	7.56	4.01	3.88	2.06		

表2 自動車内の多環芳香族炭化水素濃度

採取道路	月日	窓の開き cm	走行距離 km/45分	C O 濃度 P P M	粉塵量 μg/m ³	B(a)P		B(a)A		B(ghi)P		Py.		B(k)F	
						μg/1000m ³	μg/g	μg/1000m ³	μg/g	μg/1000m ³	μg/g	μg/1000m ³	μg/g	μg/1000m ³	μg/g
首都高速環状外回	7月3日	10	24.6	32.5	1202.0	2.03	1.69	3.02	2.51	8.66	7.21	8.07	6.71	1.88	1.57
内堀通り			17.7	23.5	744.8	0.460	0.617	0.996	1.34	6.40	8.59	3.22	4.32	1.11	1.49
昭和通り			9.9	39.5	810.2	2.96	3.64	1.73	2.14	1.2	12.6	3.19	3.94	1.69	2.09
首都高速環状外回		1	26.7	20.0	565.4	0.236	0.418	0.906	1.60	6.11	10.8	1.73	3.06	0.985	1.74

図2 粒径別 BaP 分布



ように粒径が小さくなるにつれ BaP 含量は増大しており、発癌性の強い BaP などを含む P. A. H. はピレン (Py.) を除いて肺内沈着率の高い 8 μm 以下の粉塵に 95% 位が存在していることを認めた。

BaP の増大とともに他の P. A. H. も増大しかなり良好な相関性があり、BaP は最強の発癌性物質に属し、かつ、その含量も比較的多いこととあわせて、指標物質としての BaP の支持材料の一つになると思われる。また、発癌促進物質といわれているベンゾ (ghi) ベリレン [B (ghi) P] は BaP の約 3 倍の値を示すことがわかった。

表 2 は走行自動車内の BaP などの P. A. H. 濃度を示したものである。単位時間当りの走行距離からもわかるように渋滞のひどい昭和通りは内堀通りに比べ、BaP の約 6 倍をはじめ、Py. を除く他の P. A. H. も高濃度であ

った。また、高速道路走行中の濃度も昭和通り走行中の濃度とはほぼ同程度であった。また、高速道路を自動車の窓を 10cm および 1 cm 開けて走行した場合の車内の P. A. H. 濃度を比較してみると、外気の影響を大きく受ける 10cm 開けての走行中のほうが高濃度であった。

一酸化炭素と BaP の関係は、一酸化炭素濃度の増大とともに BaP 濃度も増大していることを認めた。

2) 東京都の BaP 汚染

測定結果は表 3 のとおりである。地域別に濃度を単位空気量当りでみると桃谷の 6.28 μg/1000m³をはじめ、板橋・荒川などの工業地域は他の地域より高い。また、工業地域を除いたなかでは、立川の 2.96 μg/1000m³ と他の地域の平均約 3 μg/1000m³ とあまり変わらない濃度を示しているのが注目される。一方、単位粉塵量当りの濃度を比較してみると桃谷の 32.9 μg/g は他の地域よりかなり高いが、それを除くと平均約 18 μg/g であまり差はない。このように BaP 汚染に関しても、都市およびその周辺にかなり広域にわたっていることが推測される。しかも Natural Background に近い小笠原の値と比べると単位空気量当りで 70~200 倍、また単位粉塵量当りでも 20~40 倍とかなり高い。

図 3 は BaP の経月変化の一部を示したものであるが、他の都市と同様に冬季に高く、夏季に低い傾向が認められた。また、高度別 (タワー、25m, 125m, 225m) に濃度をみると単位空気量、粉塵量当りともに上空にいくにしたがって低くなっている。

5. まとめ

東京都では昭和 44 年より浮遊粒子状物質汚染の観測を続けているが、昭和 48 年 1 月からは BaP などの多環芳香族炭化水素もあわせて行ってきた。さらに、発生源別の BaP 汚染への寄与率、BaP 汚染と肺癌発生率の関係などを研究する手はじめとして今回の調査が行われ

表 3 常設測定点のベンゾ(a)ピレン濃度

荒川区役所(1973年)

板橋区役所(1973年)

雑谷保健所(1973年)

採取月日	粉塵濃度		ベンゾ(a)ピレン濃度		採取月日	粉塵濃度		ベンゾ(a)ピレン濃度		採取月日	粉塵濃度		ベンゾ(a)ピレン濃度	
	μg/m ³	μg/1000 ³ .air	μg/g. dust			μg/m ³	μg/1000 ³ .air	μg/g. dust			μg/m ³	μg/1000 ³ .air	μg/g. dust	
¼~5	167.0	12.3	72.5	¼~17	400.2	15.0	38.0	¼~5	194.3	25.8	132.6			
⅙~17	293.0	12.1	41.3	⅙~31	309.1	8.75	28.3	⅙~17	260.0	20.2	77.7			
⅓~29	115.3	2.80	24.3	⅓~14	510.1	13.2	25.9	⅓~29	123.8	5.72	46.2			
⅔~10	155.3	3.25	20.9	⅔~22	214.4	6.32	29.5	⅔~22	170.3	8.02	47.1			
⅕~22	155.2	4.73	30.5	⅕~30	435.2	8.37	19.2	⅕~6	309.3	5.27	17.0			
⅖~6	238.5	1.98	8.32	⅖~3	76.8	1.30	16.9	⅖~30	355.9	8.50	23.9			
⅗~18	125.7	1.95	15.5	⅗~16	178.9	2.40	13.4	⅗~2	109.4	1.19	10.9			
⅘~30	337.8	7.33	21.7	⅘~2	110.9	0.69	6.23	⅘~16	234.0	3.30	14.1			
⅙~2	120.1	1.89	15.7	⅙~19	108.8	1.27	11.7	⅙~2	113.6	1.48	13.1			
⅚~16	159.6	1.86	11.7	⅚~2	117.9	0.75	6.36	⅚~16	136.1	5.76	42.3			
⅛~2	85.8	0.34	3.94	⅛~15	193.3	1.63	8.42	⅛~2	129.0	1.79	13.9			
⅜~16	114.3	1.37	12.0	⅜~2	86.9	1.16	13.3	⅜~16	191.4	1.90	9.92			
⅝~2	120.4	2.10	17.4	⅝~16	70.1	0.25	3.63	⅝~2	93.1	2.33	18.7			
⅞~16	223.1	1.97	8.84	⅞~4	164.3	1.09	6.64	⅞~16	110.7	2.15	19.4			
⅐~2	59.6	0.29	4.81					⅐~2	114.4	0.85	7.39			
⅑~16	56.0	0.35	6.23											
平均	157.9 (56.0~337.0)	3.54 (0.29~12.3)	19.7 (3.94~72.5)	平均	212.6 (70.1~510.1)	4.44 (0.25~15.0)	16.2 (3.63~38.0)	平均	176.4 (93.1~355.9)	6.28 (0.85~25.8)	32.9 (7.39~132.6)			

江東区役所(江東支所, 1973年)

公害研究所(1973年)

衛生研究所(1973年)

採取月日	粉塵濃度		ベンゾ(a)ピレン濃度		採取月日	粉塵濃度		ベンゾ(a)ピレン濃度		採取月日	粉塵濃度		ベンゾ(a)ピレン濃度	
	μg/m ³	μg/1000 ³ .air	μg/g. dust			μg/m ³	μg/1000 ³ .air	μg/g. dust			μg/m ³	μg/1000 ³ .air	μg/g. dust	
¼~5	248.0	17.1	69.0	⅙~6	246.7	10.1	40.8	⅙~17	269.0	17.4	64.5			
⅙~17	365.4	18.2	49.6	⅙~17	208.1	7.78	37.4	⅓~10	154.0	4.42	28.7			
⅓~10	259.4	7.37	28.4	⅓~10	156.1	4.76	30.5	⅓~22	139.7	4.96	35.4			
⅔~22	270.5	12.5	46.0	⅔~22	123.3	3.09	25.1	⅕~6	180.4	0.85	14.2			
				⅕~2	127.1	1.79	14.1	⅕~16	182.3	1.85	10.2			
				⅖~16	193.4	1.53	7.91	⅖~2	115.5	0.86	7.43			
				⅖~2	108.3	0.58	5.34	⅗~2	159.9	1.78	11.1			
				⅗~16	152.1	0.71	4.66	⅗~16	372.8	1.77	4.74			
				⅘~2	121.2	1.15	9.51	⅘~2	63.2	0.43	6.75			
				⅘~2	75.6	0.56	7.44	⅘~16	59.0	0.33	5.64			
				⅘~16	70.2	0.54	7.65	⅙~2	159.7	1.21	7.59			
				⅙~2	104.5	0.61	5.79							
平均	285.8 (248.0~365.4)	13.8 (7.37~18.2)	48.3 (28.4~69.0)	平均	140.6 (70.2~246.7)	2.77 (0.54~10.1)	16.4 (4.66~40.8)	平均	168.7 (59.0~372.8)	3.26 (0.33~17.4)	17.8 (4.74~64.5)			

世田谷区役所(1973年)

江戸川区役所(1973年)

農業試験所(1973年)

採取月日	粉塵濃度 μg/m ³	ベンゾ(a)ピレン濃度	
		μg/1000m ³ .air	μg/g.dust
4/5	117.9	8.05	68.3
4/17	188.2	9.92	52.7
4/29	51.0	1.63	32.0
5/10	113.9	4.75	41.7
5/22	113.2	4.38	38.7
5/6	178.3	0.82	4.62
5/18	81.7	0.72	8.87
5/30	268.6	4.27	15.9
5/2	94.9	0.98	9.94
5/16	109.4	1.16	12.2
5/2	100.7	2.11	21.0
5/16	94.8	1.73	18.3
5/2	104.3	1.15	11.0
5/16	171.6	0.85	4.97
5/2	37.6	0.19	4.93
5/16	38.8	0.07	1.86
5/2	77.8	0.32	4.14
平均	114.3 (37.6-268.6)	2.54 (0.07-9.92)	20.7 (1.86-68.3)

採取月日	粉塵濃度 μg/m ³	ベンゾ(a)ピレン濃度	
		μg/1000m ³ .air	μg/g.dust
4/2	124.5	3.29	26.4
4/16	183.9	1.14	6.28
4/2	120.9	1.38	11.4
4/16	276.9	1.67	5.58
4/2	85.2	0.30	3.51
4/16	108.1	1.47	13.6
平均	149.9 (85.2-276.9)	1.54 (0.30-3.29)	11.1 (3.51-26.4)

採取月日	粉塵濃度 μg/m ³	ベンゾ(a)ピレン濃度	
		μg/1000m ³ .air	μg/g.dust
4/5	86.5	6.36	73.6
4/17	169.3	11.7	69.3
4/30	215.8	7.93	36.7
4/22	186.1	7.88	42.3
4/6	245.9	0.77	3.10
4/18	104.1	2.58	24.8
4/30	395.6	5.18	13.1
4/2	96.4	0.72	7.43
4/16	144.4	1.11	7.66
4/2	111.0	0.59	5.33
4/16	66.7	0.45	4.28
4/2	86.6	0.61	7.06
4/17	215.0	0.46	2.12
4/2	31.8	0.23	7.53
4/16	55.9	0.22	3.97
4/2	140.7	0.62	4.38
平均	147.0 (31.8-395.6)	2.96 (0.22-11.7)	19.5 (2.12-73.6)

小笠原支庁(1973年)

東京タワー-25m(1973年)

東京タワー-125m(1973年)

採取月日	粉塵濃度 μg/m ³	ベンゾ(a)ピレン濃度	
		μg/1000m ³ .air	μg/g.dust
4/5	28.0	0.028	0.90
4/22	57.3	0.044	0.83
4/6	72.6	0.057	0.79
4/17	42.7	0.043	1.00
4/30	58.1	0.041	0.70
4/2	43.1	0.050	1.16
4/16	34.6	0.018	0.52
4/2	20.9	0.010	0.47
4/16	21.7	0.006	0.27
4/2	21.8	0.019	0.86
4/17	26.7	0.035	1.31
4/2	21.1	0.013	0.63
平均	37.4 (20.9-72.6)	0.030 (0.006-0.057)	0.79 (0.27-1.31)

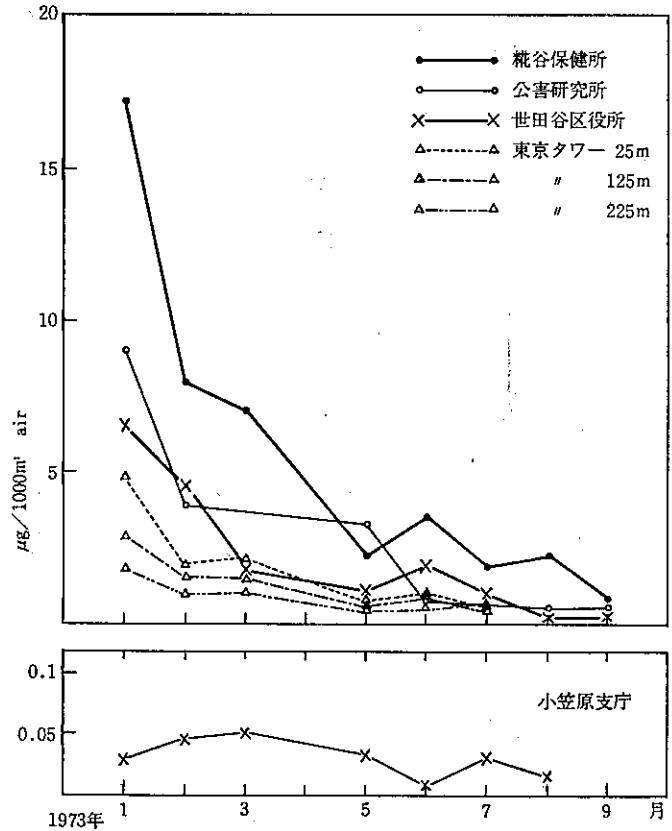
採取月日	粉塵濃度 μg/m ³	ベンゾ(a)ピレン濃度	
		μg/1000m ³ .air	μg/g.dust
4/5	126.5	5.72	36.0
4/17	195.3	7.50	38.3
4/29	85.2	1.47	17.2
4/11	115.9	1.56	13.5
4/22	141.1	2.06	14.6
4/8	169.9	2.32	13.7
4/18	117.5	1.10	9.36
4/31	165.7	2.34	14.1
4/2	83.8	0.79	9.46
4/16	137.5	0.56	4.09
4/2	86.4	0.39	4.54
4/16	115.4	1.69	14.6
4/2	82.4	0.53	6.48
4/16	175.2	0.85	4.84
平均	128.4 (82.4-195.3)	2.06 (0.39-7.50)	14.3 (4.09-38.3)

採取月日	粉塵濃度 μg/m ³	ベンゾ(a)ピレン濃度	
		μg/1000m ³ .air	μg/g.dust
4/5	96.3	3.31	34.4
4/17	141.5	4.45	31.4
4/29	52.0	0.985	18.9
4/11	92.4	1.43	15.5
4/22	102.8	1.67	16.3
4/8	146.8	2.14	14.6
4/18	92.5	1.00	10.8
4/31	120.4	1.50	12.5
4/2	76.5	0.82	10.7
4/16	112.1	0.55	4.88
4/2	77.1	0.34	4.42
4/16	95.9	1.19	12.4
4/2	81.6	0.50	6.16
4/16	166.3	0.94	5.67
平均	103.9 (52.0-166.3)	1.49 (0.34-4.45)	14.2 (4.42-34.4)

東京タワー - 225m (1973年)

採取月日	粉塵濃度	ベンゾ(a)ピレン濃度	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/1000\text{m}^3\text{ air}$	$\mu\text{g}/\text{g. dust}$
1/4~5	62.6	1.91	31.1
1/16~17	104.6	2.98	28.5
1/28~29	41.9	0.603	14.4
2/6~11	73.3	0.69	9.45
2/16~22	85.5	1.27	14.8
2/26~18	95.7	0.78	7.84
3/6~31	130.7	1.41	10.8
3/11~2	69.4	0.83	11.9
3/15~16	97.4	0.62	6.38
3/17~2	72.3	0.34	4.70
3/18~16	87.6	0.78	8.86
3/21~2	84.0	0.59	7.01
3/25~16	169.8	0.94	5.55
平均	90.4 (41.9~169.8)	1.06 (0.34~2.98)	12.4 (4.70~31.1)

図3 ベンゾ(a)ピレン濃度の経月変化



た。したがってデータの不足および十分な調査が行えなかったことなどはあるが、一応得られた結果をまとめてみると、

- ① 自動車排ガスの寄与率の高いトンネル内、交差点、渋滞道路を走行中の自動車内などは一般環境に比べ BaP 濃度などは高い。
- ② 工業地域は他の地域に比べ高濃度であり、その他ではあまり差がなく汚染の広域化が推測される。
- ③ Natural Background に近い小笠原の値と比べると都内の BaP 濃度はかなり高い。
- ④ Bap などの多環芳香族炭化水素は、Py. を除いて粒径が小さくなるにつれ含量は増大し肺内沈着率の高い 8μ 以下に95%位が存在する。
- ⑤ BaP 濃度は冬季に高く夏季に低い傾向がある。
- ⑥ 高度別にみると、上空にいくなつて低濃度である。
- ⑦ 一酸化炭素濃度の増大とともに BaP 濃度も増大

する。
などである。

今後さらに長期かつ定期的に測定を続け、汚染状況の経年変化、各種金属との相関性の検討などもあわせて調査研究を行いたい。

参考文献

- 1) 松下秀鶴, 江角凱夫, 山田郁夫: 大気汚染粉じん中に含まれる多環芳香族炭化水素の同定, 分析化学, Vol. 19, (1970)
- 2) 松下秀鶴: 汚染物質中の発癌性炭化水素類の測定法, 大気汚染, Vol. 2, No. 9, (1967)