

大気汚染の人体に及ぼす影響と都市大気の実状

京都大学工学部* 庄 司 光

都市の空気を汚染し、織物、建築物、金属を腐蝕し、人間の健康に悪影響を及ぼす主因は莫大な量の石炭、石油の燃焼である。化学過程その他によつても局所的な大気汚染が起る。益々増大する工業化の需要に應ずるために燃料の消費量は増加し、将来原子力が用いられるにしても、石炭、石油の生産と利用は高まる。この点からみて大気汚染の問題は防止の有効な方策が樹立されない限り益々深刻となるであろう。

1. 大気汚染の人体に及ぼす影響

英国においては数百年前より煤煙吸入の健康に及ぼす影響が問題にされ、1273年議会はロンドン市内で石炭燃焼を禁止する法律を可決した。しかし産業革命が始まると石炭の使用を禁止又は制限する試みは完全にしりぞけられ、生活環境は著しく悪化した。19世紀の初期には工業地域では数千の乳児が英国病として知られている佝僂病で死亡したが、これは煤煙が太陽光線中の紫外線の大部分を遮断し、乳児は皮膚中で佝僂病予防効果を有するビタミンDを合成することが出来なくなるためである。大気汚染の健康に及ぼす悪影響を顕著に示したのは1952年の London Smog の惨事である。(1) 3週間以上に亘つて大ロンドン地域では例年のこの時期の死亡数よりも4,000人以上も多い死者が発生した。濃霧は12月5日より8日までの4日間持続し、気温は低く、風もなく、気温の逆転は4日間崩れず、煤煙は風や熱的な turbulence によつて運び去られず、地表上に蓄積した。煤煙や亜硫酸ガスの濃度は12月5日に急速に増加し、Smog の期間中高いレベルを持続した。例えば Lambeth では空気中浮遊固形物濃度は Smog 発生前の $0.43\text{mg}/\text{m}^3$ より $4.46\text{mg}/\text{m}^3$ に、亜硫酸ガス濃度は 0.22p.p.m より 1.34p.p.m に増加した。Smog 発生の日から死者や患者が増加し、3週間、この状態が続いた。死者の多くは慢性的な肺又は心臓疾患の患者である。Fog のあつた週間とそれ以前の週間との死亡数を比較すると 15—44 才では 60%増、45—74 才では 180%増、75才以上では 170%増であり、死因別には気管支炎は10倍、呼吸器結核は5倍、肺炎は4倍、心臓疾患は3倍である。他の国での Smog のエ

ピソードとしては1931年のベルギーの Meuse Valley の惨事、1948年のアメリカの Pennsylvania 州の Donora の事件が知られている。

持続する Smog を発生させる気温逆転は普通には低温を伴うので、特に老年の慢性肺疾患の患者の場合には Smog の致死作用が有害物質の吸入によるのか、低温によるのかを確かめることは難しい。W. P. D. Logan は1956年1月3—6日のロンドンの Smog の作用を報告している。この時には例年のこの時期と比較して1,000人以上も多く死亡しているが、この事件では気温の著しい低下はなかつたから、気温の低下を別にして煤煙や霧の吸入が致命的でありうることを示した。汚染空気吸入が健康に及ぼす慢性的影響を立証することは難しいが、長年にわたつて都会の汚染した空気を吸入すれば呼吸器疾患が増加することについての間接的な証明は多い。第1表は英国の成績である。表の中の中樞神経系の血管損傷は大気汚染に関係のないものであるが、対照として掲げた。都市化が進むに従つてすべての呼吸器疾患は両性とも増加する。都市には呼吸器疾患による死亡率増加に關与する条件として大気汚染の他に、スラムにおける過密

第1表 呼吸器疾患による死亡率
England and Wales 1951年 (1)

	農村 地域	都市地域			
		人口 5万 以下	人口 5~ 10万	人口 10 万以上	
人口(千)	男女	4,276	4,477	1,583	2,761
	男女	4,166	4,868	1,753	3,030
死亡率(人口10万対)					
気管支炎	男	69.4	98.5	100.0	117.8
	女	47.3	56.0	58.5	64.6
肺炎	男	44.5	48.0	54.8	62.8
	女	40.2	41.1	50.1	53.9
呼吸器結核	男	23.7	33.9	38.4	43.9
	女	14.0	17.3	16.9	21.8
呼吸器癌	男	33.0	46.1	50.9	59.6
	女	7.3	8.8	8.8	9.0
中樞神経系の 血管損傷	男	133.4	158.2	148.6	139.9
	女	176.2	192.6	190.8	170.7

* 京都市左京区吉田本町

過住、交通機関、娯楽施設等があることは勿論である。各地の大気汚染量と気管支炎死亡率の関係についても研究されており、J. Pemberton and C. Goldberg は亜硫酸ガスの平均濃度と45才以上の男子の気管支炎死亡率との間に有意な相関を見出し⁽²⁾、C. Daly は気管支炎死亡率と家庭用石炭の消費量との間に同様な関係を認めている。⁽³⁾

第1表に呼吸器癌死亡率の農村、都市の比較が示してある。喫煙が肺癌発生の重要因子の一つであることは確かであるが、大気汚染も急速に増加しているこの疾病の重要因子の一つであることにも証拠がある。P. Stocks and J. M. Campbell によれば Liverpool 市に住む煙草を全全のまない人の肺癌死亡率は Angiesey and Caernarvonshire 村の非喫煙者のそれより著しく高く、重要な発癌性物質である 3 : 4 - benzpyrene の空気中濃度は都市では農村に比較して10倍も高いと、空気中にある発癌性物質の主要な源泉は石炭の燃焼産物である。以上は大気汚染の身体的影響であるが、極度に汚染された環境が住民の精神衛生に及ぼす影響も看過出来ない。

日本においても煤煙問題の歴史はかなり古く、大阪市の煤煙問題はその先駆をなしている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。大阪において煤煙防止問題の起つたのは明治16—17年で、この頃会社、工場の簇出によつて始めて煙害に悩まされた市民の間に喧しい論議が起り、府当局も坐視するに忍びずその取締のため種々の通達が公布された。すなわち明治21年の大阪電灯会社の煤煙問題に端を發し「旧市内に煙突を立てる工場の建設を禁ず」という府令が出ている。其後の経過は省略するが、終戦後都市の復興に伴い、都市大気汚染が著しくなり、一方煤煙による公害問題の発生、水爆実験による大気放射能汚染、諸外国の大気汚染の研究などに刺戟され、わが国においても大気汚染に関する世論も高まり、研究調査も活潑になつて来た。山口匠大の野瀬その他は宇部市において、日々の浮遊煤塵量並びに SO₂ 気中濃度と死亡者数との間に年間四季を通じてみれば、有意の順相関関係が認められると。⁽⁷⁾

1946年横浜のアメリカ陸軍病院で見出された横浜喘息は主体は気管支炎であるが、これは毎年の秋から初冬へかけての数ヶ月、横浜地区在住の米軍関係者が罹る症状は呼吸困難で Am 1—3 時におこり、煙霧と関係があり、帰郷すると治る。日本人の中にもあつた。低い丘に囲まれた工場地帯をもつ港湾地区に、殊に冬季濃霧の発生する地区に起つた。この疾病の発生と空気中のエーテル可溶のエロゾル並びに粉塵との間に有意の相関がある。⁽⁸⁾ 昭和31年大阪市は大阪市における煤煙に関する世論調査を実施した。⁽⁹⁾ 本調査は大阪市に居住する満20才より59才までの男女を母集団とし層化無作為抽出法

により693名をランダムに抽出したもので回収票は536、回収率は79.3%である。調査対象者の43%は煤煙に困つており、その19.7%は頭痛、気管支を痛める、食慾がなくなる、身体の具合が悪くなると訴えている。

2. 都市大気の実状

石炭、石油が理想的な条件の下で空気中で燃焼する時には煙突から排出されるガス中には炭酸ガス、亜硫酸ガス、水蒸気及び窒素を含む。実際にはこれらの燃料が燃焼する時には不完全燃焼であり、タール物質を含む煤、一酸化炭素、水素及び種々の炭化水素を含む。工場において集塵器を用いないで、石炭、コークスの燃焼を行う場合には屢々比較的大きい塵埃、もえがらの粒子を煙突から飛散する。これら灰分、未燃燃料の粒子から成り、煙突から出ると間もなく地上に降下する。粒子の大きさは燃焼条件によるが汚染源の近くに落ちるものはすべて 20 μ 以上であり、多くは 100 μ を越す。

煤煙は主として徐々に沈降するか又は空気中に浮遊する極めて微細な粒子よりなる。煤煙の粒子は 1 μ か又はそれ以下であるが、あるものは凝集又は鎖状になる傾向がある。その多くは燃料中の揮発物質に由来する炭素化合物であるが、微細な灰分粒子も含み、燃焼が効率的であるときは主に灰分より成る。

燃料中に含有される硫黄は亜硫酸ガスとして他の燃焼産物とともに放散される。このガスの一部は雨又は他の水分と結合して稀薄な亜硫酸となる。汚染地域の雨、空気の酸性と腐蝕力はこのガスによる。硫酸も霧も形成される。

一酸化炭素は煙道ガス中には低濃度に存在し、自動車の排気中には高濃度に含まれる。このガスが問題になるのは交通輻輳する街路での健康障害である。

団地、液体燃料の不完全燃焼の結果、種々の炭化水素が発生する。発癌性物質である Benzpyrene もこの一種で都市空気中には微量に存在する。Los Angeles, California 市は屢々、眼に刺戟性のある霧に悩まされるが、この Smog の主成分は自動車の排気ガスに由来する不飽和炭化水素と主としてオゾン、窒素の酸化物よりなる低濃度の酸化剤とが空気中で徐々に光化学反応により生成することが明らかにされている。

窒素の酸化物は化学工業における副産物として生産され又工業が、内燃機関より低濃度で排出されるが、これらの酸化剤が空気中に存在すれば触媒として亜硫酸が硫酸に変るのを助ける可能性がある。

都市大気汚染測定として普通行われているものをあげれば次の通りである。英国の大気汚染測定法に範をとつている。⁽¹⁰⁾

(1) 降下煤塵

—British Standard Specification 1747:1951に記載された British Standard Deposit Gauge を用いる。日本では柴田化学器械工業が製作している。直径 12inches の硬質ガラス製捕集瓶上に雨水と共にまたは単独に落下する空气中夾雑物を 1ヶ月毎に集めて、不溶解性物（タール、炭素化合物、灰分）、溶解性物（総量、pH、カルシウム、硫酸塩、塩化物）を分析定量する。

(2) 亜硫酸ガス

過酸化鉛法⁽¹⁰⁾—規定の過酸化鉛のペーストを塗布した綿布を接着した陶器製円筒を用いる。これを通気構造の容器に収め、1ヶ月間過酸化鉛を大気に曝せば、大気中の亜硫酸ガスが過酸化鉛と反応して硫酸鉛を形成する。測定値は捕集 SO₃mg/day/標準 PbO₂100sq cm として示す。空气中に硫黄化合物が存在すれば過酸化鉛層に反応するからこの方法は亜硫酸ガスに特有な反応ではないが、このガスの相対的な濃度を知るには便利である。

過酸化水素法 (Thomas 法)⁽¹¹⁾—短時間の測定法で稀過酸化水素液中に大気を通すことにより、亜硫酸ガスを硫酸とする方法である。測定値は p.p.m で示す。この方法による結果も強酸やアルカリ (アンモニア) に影響されるが、亜硫酸ガスが大気中の重要な酸性成分であるから、亜硫酸ガスの近似測定法として用いられる。

亜硫酸ガス測定法としてはこの外に、フクシン・ホルマリン法⁽¹²⁾があり、近畿大気汚染調査連絡会 (会長 梶原三郎) ではこの方法を用いて近畿各都市大気の亜硫酸ガス測定を行つた。

煤煙 (浮遊微粒子) -- 濾紙法が用いられる。濾紙の黒化度を光電管反射計を用いて測定し標準と比較する。日本では時間の測定を自動的に 2週間続けられる自動粉塵捕集器が考案され、⁽¹³⁾ 山越製作所の KYS 粉塵捕集器がこれである。

上記の方法で各地の大気汚染が測定されるが、測定値はその時の気象条件に左右されるから、確実な結論を得

るには 5 年以上の観測を必要とする。⁽¹⁰⁾ 英国では長期間の観測が行われているが、その典型的な結果を第 2 表に示した。ただし日本の成績と比較のため単位は換算した。

日本の各地で降下煤塵量の測定が行われ始めたが、大阪以外は観測年数が少いので、厳格な比較は困難であるが、1959年10月20~23日にロンドンで開かれる、National Society for Clean Air の Diamond Jubilee, International Conference and Exhibition に提出した日本各地の降下煤塵量の成績を第 3 表に示した。

第 3 表 日本各地の降下煤塵量 (1958)
(tons/Km²/month)

	工業地域	商業地域	住宅地域	全 市
札幌市*	26.8	26.9	24.2	25.5
東京都	20.9	24.8	14.7	21.2
川崎市	30.1	16.2	11.3	21.9
横浜市	22.3	16.7	16.8	16.8
大阪市	33.7	15.0	16.4	23.2
尼崎市	16.2	16.4	11.0	14.0
神戸市	10.2	10.2	8.9	10.0
宇部市	74.6	29.4	30.3	33.3

* 札幌市は 1956年

1956年に組織された近畿地方大気汚染調査連絡会はフクシン・ホルマリン法を用いて近畿都市の亜硫酸ガス分布の調査を重ねていることは前述したが、32年2月13日より6日間に亘り、近畿地区36地点で行つた亜硫酸ガス濃度の測定成績によれば6日間定時 (am 9 と pm 3) に測定を行つた阪神地区22ヶ所の平均濃度は am 9 が 0.050 p.p.m, pm 3 が 0.028p.p.m であり、測定期間中の最高値は尼ヶ崎の 0.545p.p.m であつた。⁽¹⁴⁾ 各地の大気汚染状況は省略する。⁽¹⁵⁾⁽²¹⁾

煙突から排出された煤煙の拡散については O. G. Sutton, E. W. Hewson, C. H. Bosanquet の理論があることはよく知られているが、実験的には大気安定度、大気汚染の立体観測が必要である。鉢木⁽²²⁾ は尼ヶ崎において、阿倍⁽²³⁾ その他は札幌において立体観測を行つた。

3. む す び

今日英米その他では大気汚染対策に本腰を入れている。

1952年のロンドンの Smog 事件を契機として有名な Beaver 委員会 (議長 Sir Hugh Beaver) が組織されたが、この委員会の報告の中で「今や英国において身近な問題となつた大気汚染はもはや我慢のならない社会悪及

第 2 表 大 気 汚 染 (英国)⁽¹⁾

地 域	降下煤塵量 (tons/Km ² /month)		亜硫酸ガス		煤 煙 mg/m ³
	不溶解性物	溶解性物	PbO ₂ 法*	容量法 p.p.m.	
高度の工業地域	>16 (>65もある)	> 5	< 3 (>10もある)	> 0.1 (>0.15もある)	> 0.5
都 市	7~13	3	1.5~3	0.1	0.2~0.5
農 村	< 2	2	< 0.5	<0.01	<0.01

* PbO₂ 法の単位は mgSO₃/day/100sq cm.

び経済悪である。私達が100年前にきれいな水を確保するために払つたと同じ確信と努力をもつて問題解決のために闘う必要がある。そして大気汚染は将来必ず予防出来ると確信すると述べており、1956年には Clean Air Act が制定された。アメリカも Smog 事件、原子力工業に伴う放射性質による大気汚染に備えて1950年には大統領命令により研究会議を組織している。(24) 大気汚染防止には各方面の協力が必要であるが、工学的方法により対策たとえば燃焼改善、除塵工学等が必要である。日本の大気汚染の現状は諸外国にひけをとらぬが、対策は法規的にも、技術的にもおくれであり、今後の発展が期待される。

文 献

- (1) M. W. Thring : Air Pollution. Butterworths Scientific Publications 1957.
- (2) Pemberton J. and Goldberg C. : Brit med. J. 2, 567, 1954.
- (3) Daly C. : Brit med. J. 2, 687, 1954.
- (4) Stocks P. and Campbell J. M. : Brit. med. J. 2, 293, 1955.
- (5) 庄司光 : 都市問題研究 7(4), 78, 1955.
- (6) 鈴木武夫, 興重治, 抜部弘之 : 国立公衆衛生院研究報告 6(1), 8, 1957.
- (7) 野瀬善勝, 北川良雄, 上野碩夫, 広瀬彰一 : 山口医大産業医学研究所年報 6, 25, 1958.
- (8) 田多井吉之介 : 医学のあゆみ 21(5)1956.
- (9) 大阪市公聴課 : 大阪市における煤煙に関する世論調査 1956.
- (10) 寺部木次訳 : 英国理工学研究局編, 大気汚染測定法 1958.
- (11) 北博正外 : 労働科学 31(4), 220, 1955.
- (12) P. W. West and G. C. Grake : Anal. Chem. 28, 1816, 1956.
- (13) 興重治, 鈴木武夫 : 国立公衆衛生院研究報告 6(1), 16, 1957.
- (14) 近畿地方大気汚染調査連絡会 : 大気汚染調査報告 1~3号 1957~1958.
- (15) S. Koshi : J. met. Soc. Japan Series II, 36(6) 31 1956
- (16) 中野道夫 : 天気 特別号 (日本気象学会76周年記念論文集) 152 1957
- (17) 労働の科学 13(2) 7~59 (空気汚染特集) 1958
- (18) 鈴木昭 : 北方産業衛生 18号 49 1958
- (19) 寺部木次外 3名 : 日本公衆衛生誌 5(4) 183 1958
- (20) 寺部木次外 3名 : 工業化学雑誌 61(5) 528 1958
- (21) 勝治建一 : 福岡医学雑誌 49(8) 1804, 1958.
- (22) 尾崎市大気汚染対策本部 : 第1~4回 尾崎市大気汚染立体的調査に就いての中間報告 1957~1958.
- (23) 谷沢平八郎 : 北方産業衛生. 19号 1 1959
- (24) L. C. McCabe : air pollution proceedins of the United States Technical Conference on air pollution McGraw Hill Book Co. 1952