

# 大気汚染測定事始め



企業レポート

紀本岳志\*

In the Beginning of Air Pollution Monitoring

Key Words : Air Pollution Monitoring

## はじめに

筆者の属する紀本電子工業株式会社は、昭和20年9月に創業、昭和28年11月12日に株式会社として設立され、以来66年にわたり、大気・水質・海洋・地球規模汚染全般にわたる、さまざまな環境汚染物質についての連続自動計測機器の研究開発・製造販売を手がけてきた、環境計測機器の専門メーカーである。

創業者である紀本俊夫（1921—2002年、筆者の実父）は、昭和16年に旧制松江高等学校卒業後、大阪帝国大学理学部物理学科に入学、菊池正士教授（当時）の元で、新たに開発された、真空磁場中での電子の円運動による運動量分布を測定する、 $\beta$ 線スペクトロメーターを用いた実験に加わった<sup>1)</sup>。その後、戦時中の学徒動員により昭和18年9月に卒業（旧制第9回生）、半年ほどの兵役訓練の後、当時の理化学研究所仁科研究室に召集解除で移り、六フッ化ウランの熱拡散法によるウラン235の濃縮分離研究に携わることとなった。しかし、昭和19年後半には東京における空襲が激しくなり、ウラン濃縮研究の「疎開」が計画され、そのために大阪へ戻ることとなり終戦を迎えた。

終戦後、物理実験により習得した真空排気技術、ガラス加工技術、理化学研究所より譲り受けた希ガスボンベ、等を活用し、直ちに、ネオンサイン管、

白熱電球、後に蛍光灯の製造販売を始める会社を創業した。これが現在の紀本電子工業の前身となった。その後、昭和30年頃から大気汚染物質の連続自動測定器の開発を手がけるわけであるが、本稿では、特に日本の大気汚染研究の黎明期ともいえる、その当時を振り返ってみたいと思う。

## 大気汚染自動測定器の開発

1950年代に入り、折しも戦後の復興景気に伴って、各地で急速な重工業の発展が起こり、都市部やコンビナートでの大気汚染、水質汚濁が深刻になり始めた。この頃に勃発したのが、1952年（昭和27年）12月のロンドンにおける甚大な大気汚染災害、いわゆる“ロンドンスモッグ事件”であった。

当時のロンドンの人口は900万人近くまで膨れ上がり、ほぼ飽和状態に達していた。事件は12月5日、金曜の朝に始まった。前日より寒気団がロンドン盆地に居座り風がピタリと止んでいるところに、“放射冷却”と呼ばれる現象で、地上付近の気温が下がり上空の気温のほうが暖くなる“逆転層”が生じたため、汚染物質が拡散せずに溜まっていく最悪の気象条件が整った。そこへ暖房に使われていた石炭から発生した、二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）の混じった黒煙が溜まり続け、“黒い霧（スモッグ）”となってロンドン盆地を包みこんだ。

当時の人の話によれば、視程は数メートルまで下がり、あちこちで自動車が衝突事故を起こし、道路は封鎖された。この状態が4日間続き、スモッグがようやく晴れたのは、翌週の12月9日のことであった。病院には、呼吸器の異常や心臓の発作を訴える救急患者が激増し、その影響はスモッグが消えた後も数週間以上続いた。

図1は、その時の毎日の二酸化硫黄と黒煙濃度を測定した結果と毎日の死亡者数の調査結果を比べた



\* Takashi KIMOTO

1954年1月生まれ  
京都大学理学部化学科（分析化学専攻）  
（1976年）  
現在、紀本電子工業株式会社  
代表取締役社長  
学士 分析化学、環境化学  
TEL：06-6768-3401  
FAX：06-6764-7040  
E-mail：tkimoto@kimoto-electric.co.jp

もので、おそらく世界で初めて大気汚染の観測調査を行い、その因果関係を示した画期的なグラフである<sup>2)</sup>。

この1週間足らずのスモッグで約4,000人(日死亡率:最大約3倍)のロンドン市民が、気管支炎や心臓疾患などで死亡し、その後数週間にわたる死者数の増加も含めると、約12,000人の死者が出たと推定される。このニュースは、たちまち世界を駆け巡り、我が国でも深刻な大気汚染問題に対処するため、一刻も早く観測調査を始めようとする動きが広まった。

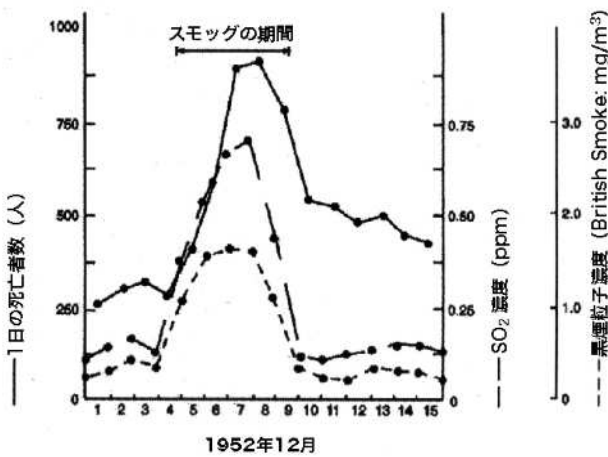


図1 ロンドンスモッグ事件における観測調査結果<sup>2),3)</sup>

関西でも昭和31年に、官公庁、大学、民間、等の大気汚染調査研究者の連絡組織として、近畿地方大気汚染調査連絡会が発足した(発起人代表:大阪大学医学部梶原三郎教授)<sup>4)</sup>。この連絡会の発足当初の喫緊の研究課題は、大気中の二酸化硫黄濃度測定法の確立であり、昭和32年2月から冬季1週間の広域集中観測(日平均値の測定)が開始された。

弊社も同連絡会の趣旨に賛同し、我が国初の大気汚染自動サンプリング装置を開発した<sup>5)</sup>。その後、開発を続け、昭和34年には、1時間毎の電気伝導度法による二酸化硫黄濃度測定と、テープフィルター上に採取した粉塵濃度を反射光変化で測定するテープエアースンプラーを組み合わせた「大気汚染自動測定器」を完成させた<sup>6)</sup>(図2)。

#### 四日市喘息の観測調査

さて、1950年代より、四日市の石油化学コンビナートに隣接する町の住民に、深刻な喘息症状が現



図2 大気汚染自動測定器の朝日新聞記事(1959)

われていた。

この喘息患者を調査したところ、発作が起こる際、コンビナート方面から比較的強風が吹いているようであった。

この気象条件の違いから、ロンドンスモッグのような都市全体を覆うようなスモッグではなく、別のタイプのスモッグではないかと思われた。

そこで、ロンドンでの観測に用いられたような1日1回の測定法ではなく、前述した弊社開発の大気汚染自動測定器を用いて連続観測を開始したところ、図3に示すように風速が強くなるほど二酸化硫黄濃度が上昇することが判明した(図3上)。

この現象は、ダウンブローと呼ばれ、比較的低い高さの煙突からの煤煙を、強風が巻き込んで地表に高濃度をもたらすというものであった。

また、1週間の二酸化硫黄の平均濃度と喘息発作の発症数を比べたところ、相関があることも連続観測の結果から判明した(図3下)<sup>7)</sup>。

ロンドンスモッグや四日市喘息の原因となった大気汚染物質は、気体である二酸化硫黄だけでなく、その一部が黒煙粒子(燃焼過程で発生)に吸着し酸化して生じる“硫酸ミスト”と呼ばれる毒性の高い硫酸を含む微細粒子(粒径1 $\mu$ m以下)となっており、それが人体影響の主因ではないかとも考えられている。今で言う“PM2.5”である。

ちなみに、二酸化硫黄や黒煙粒子などのように発生源から直接排出される汚染物質を“一次汚染物質”と呼ぶのに対し、この硫酸ミストのような大気中の

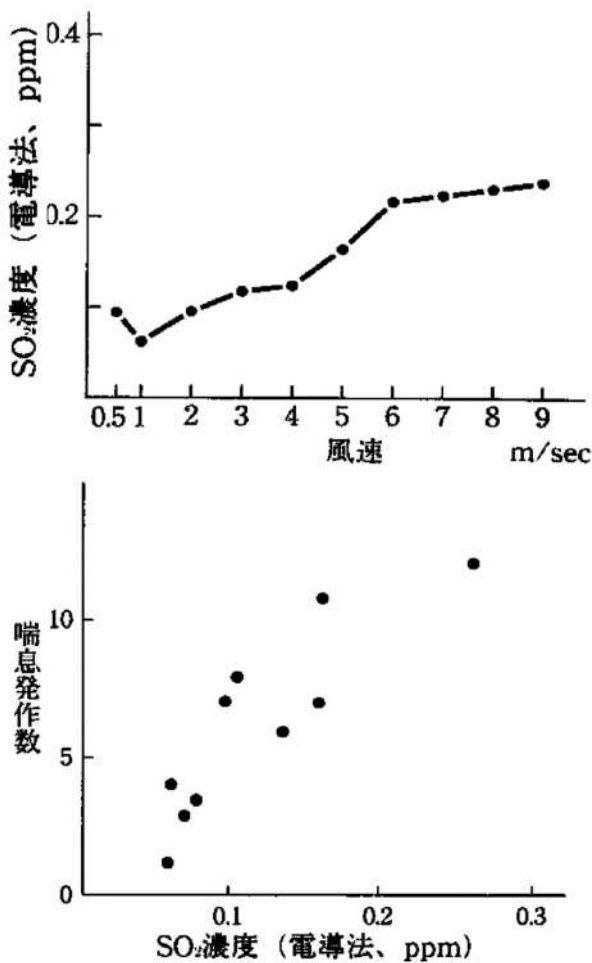


図3 四日市喘息における観測調査 (磯部地区) 7)

反応で生成した大気汚染物質のことを“二次汚染物質”と呼んでいる。

また、ロンドンスモッグは、寒い冬の湿度の高い早朝にひどくなるという特徴を持っており、水に溶けて亜硫酸になりやすい二酸化硫黄が、粒子の凝集・凝結過程で水分を含む微細粒子に溶け、生成した亜硫酸イオンが酸化され、硫酸ミストが生成したのではないかと、今では考えられている。

#### おわりに

以上のような黎明期の観測調査から、我が国の汚染状況が気象条件と密接に関連することが判明し、その結果、大気汚染物質濃度の測定は1時間平均値が基本となり、現在でも、1時間値と1時間値の1日平均値による環境基準が制定されている。

合わせて、観測項目についても、初期の二酸化硫黄、浮遊粒子状物質 (SPM) に加え、沿道周辺で

の一酸化炭素 (CO)、光化学スモッグ関連で、オゾン ( $O_3$ )、窒素酸化物 ( $NO, NO_2$ )、非メタン炭化水素 (NMHC) などの常時監視が1970年代には整備された。

しかし、大気環境が比較的改善された1990年代以降、このような大気環境研究は停滞期を迎え、大気観測に携わる者の数も激減した。

とは言っても、環境問題は、世界的な人口増大に伴い、益々、広域化・複雑化の様を呈している。

歴史が示すように、新たなる汚染が発生すれば指数関数的に悪化し、その克服には数十年以上の時間を要する。気候変動との関連で取り沙汰されている二酸化炭素汚染が、その典型である。油断していれば、汚染が顕在化したときには手遅れになってしまいかねない。

また、汚染の広域化に伴い、その影響は低濃度でも起こることが明らかになりつつある。

例えば、かつての汚染問題の主役、二酸化硫黄の環境基準は、発生源近傍の地域的な健康影響から現在約  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.04ppm, 日平均値) と定められているが、最近問題となったPM2.5の原因物質として、別の視点で二酸化硫黄濃度を捉えた場合には、その大気中濃度を  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (日平均値、PM2.5で  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) まで削減する必要がある。

さらに、気候変化との関係では、地球規模での平均濃度変化が、わずか  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の二酸化硫黄で  $0.5^\circ\text{C}$  ほど気温に影響を与えると予測されている。

このような将来にわたる環境汚染を未然に防ぐためには、今までの経験の枠内での観測を継続するだけでなく、より広い視点で自然環境の変化を追いかけて、地道な観測を積み重ねていく必要があるのではないだろうか。

#### 参考文献

- 1) 伊藤順吉, “大阪大学の昔のサイクロトロン”, 日本物理学会誌, **32**, 706-713 (1977).
- 2) Beaver, H. (chairman), “Interim report” on London air pollution incident, Committee on Air Pollution: Cmd 9011, Her Majesty’s Stationary Office, London (1953).
- 3) 紀本岳志, “空気をはかる” はかってなんぼ社会編, 丸善, p.89-103 (2004).
- 4) 大気環境学会史料整理研究委員会編集, 日本の

- 大気汚染研究の歴史, 公健協会, p.396 (1999).
- 5) 紀本俊夫, “大気汚染とその測定”, 生産と技術, **17** (5), 30 – 37 (1965).
  - 6) 山口裕, 森口実, 中野道夫, “大気汚染濃度自動記録装置の試作”, 衛生化学, **8** (2), 49 – 54, (1960).
  - 7) 吉田克己, 四日市公害—その教訓と21世紀への課題—, 柏書房, p.50 & p.107 (2002).

