

[総 説]

東アジアにおける 大気汚染の現状と対策

The Air Pollution and its Countermeasure
in East Asia

水見 康二*

Yasuji HIMI

1. はじめに

地球規模環境問題は汚染物質発生が資源、エネルギー、産業構造等地域特性に影響されるため、規模を拡大した地域環境問題だろう。現在、我が国のアジア諸国への技術移転とともによう工業化により両者はかなり緊密な関係にある¹⁾。とはいってもアジアの経済繁栄は、工業化が環境汚染を提起した過去の教訓²⁾どおり大気汚染等地域環境汚染問題を引き起こした。そこでわれわれは、これに注目すべきと思うが筆者は1982～1985年に台湾³⁾、1988～1992年にタイ王国⁴⁾、1989～1991年に中国に赴き^{5～7)}、環境研究者、環境行政官僚接し大気汚染問題について討議して関係資料を入手した。そこで、中国を重点にタイ王国、台湾の大気汚染の状況の現状と対策を紹介しよう。

2. 東アジア地域の概況

およそ環境問題を論ずる場合、論点とする対象地域の地域特性を知らねばならない。東アジア地域は、アジアモンスーン地帯に属し、季節風が激しく台風もしばしば通過する。さらにこの地域は、世界の代表的農耕地帯として栄え、多くの文明を有し工業化の基礎である地下資源に富む人口密集地域である。現在この地域の工業化は急速で¹⁾、環境汚染問題をはじめとする多くの課題を抱えている。以下、ここで取り上げた諸国・地域の概要を記述する。

2.1 中 国

*財団日本環境衛生センター総局国際技術協力室

Office of International cooperation, Japan Environmental Sanitation Center

南北5,500km、東西5,000kmの中国国土面積は約960万km²、その地形は山地33%、高原26%、盆地19%、平原12%、丘陵10%と複雑だが、高度変化は明らかに西高東低である。すなわち、平均海拔4,000mの青蔵高原を含む西部地域が高く、ヒマラヤは世界最大の山脈である。この北側と東側には平均海拔1,000～2,000mの高原と盆地からなる第2高度地域が位置し、海拔下154mの中国陸地最低点吐魯番盆地が存在する。その東側大興安嶺、太行山、巫山、雲貴高原東端を結ぶ線以東は、平均海拔500mの第3高度地域で、平原と丘陵が交錯分布し渤海、黄海、東・南両中国海に面した平野部は海拔50m以下で沿岸には大陸棚が続き、台湾、海南島等大小約5,000の島々が散在する。この広大な国土は、ほぼ北半球温帶圏にあるが黒龍江省漠河地区は北緯53度以北、最南端の曾母暗沙は赤道に近い。中国では冬寒冷で乾燥した大陸性季節風が南の低地や海上に吹き、大陸性冬季型気候を形成して北方地区は広く冰雪に閉ざされ、大部分の地域は冬季寒冷で乾燥する。夏には太平洋から東南季節風が中国東部にいたり、インド洋と南中国海より西南季節風が吹き、南部沿岸に降雨をもたらし日照時間の影響で南北気温差は減少する。

とはいって、中国の夏の平均気温は22℃以上、冬は10℃以下で大部分の地域で四季が明らかである。夏の季節風は塔里木盆地、柴達木盆地に達せず雨量20mm以下の地域を生み、農業は山岳の豊富な降水や融雪水、地下水灌漑に依存する。雨量は西北から南、東に向って増加し、東北の大興安嶺から南西中国にいたる500mm等雨量線があり、大きく中国は西北と東南に分けられる。すなわち東北の長白山地区の雨量は800～1,000mm程度、長江中下流及びその以南では1,000mmをこえ、東南沿岸部は2,000mmをこえるが、陰山、崑崙山以北は250mm以下と乾燥している。中国の大陸部人口は約11億3,000万人、人口密度は東部が高く東部平野、中央盆地、川沿いに人口が集中している。そして1988年に、埋蔵量8,737億tと

された石炭、68~70億tの石油、490億tの鉄鉱石等豊富な地下資源を活用し活動している。1989年の中国鉄鋼生産量は6,154万tでセメント2億1,029万t、自動車58.35万台を生産し他部門も合わせて重工業生産は旺盛である。また農業生産も旺盛で1989年の米、小麦等食糧生産量は4億755万t、綿花378.8万t、落花生、菜種等油料作物1,295.2万tを生産した。中国は、総延長5万3,200kmの鉄道を運営し、101万4,300kmの道路を整備して自動車362万台を保有し、航空路、内陸航路等交通網が整備され都市化地域が多い。中国のエネルギー資源で特筆すべき石炭生産量は1988年で9億7,988.6万tに上り、主に陝西、内蒙古、安徽、寧夏回族、山西、河南、黒龍江、四川、河北、貴州等8省・2自治区に産出し、山西省の生産量は中国全体の25.2%を占める。一般に北部産石炭品質が高く硫黄含有率が少ない傾向にある。なお、表1に中国産石炭の組成を示した¹²⁾。中国には大慶、勝利、遼河、華北、中原、新疆、四川等オイル・ガス生産基地が存在し1987年の生産量は1億3,414万tである。

表1. 中国の石炭の性状¹²⁾

	コーカス炭	一般炭	無煙炭	褐炭
水分(%)	0.4~4.8	1.3~6.1	0.6	5.3~19.1
灰分(%)	7.3~34.9	5.0~40	3.0~30	8.7~32.7
揮発性成分(%)	13.3~37.9	22.5~42	1.1~8.9	26.7~46.9
炭素(%)	40.8~70.2	48~65.1	73.8~93.5	29.8~40
硫黄(%)	0.2~3.4	0.3~1.9	0.1~4	0.2~1.5
発热量(MJ/kg)	2.6~33.7	13.8~30.2	24.3~34.7	12.5~22.2

1988年の中国総発電量は5,452.1億kWhだが水力・火力の比率は1:4である。火力発電所設備容量は、1988年に8,280万kWでその主燃料は石炭であり、単体容量10kW以上の発電ユニットの総容量は、全国発電設備容量の56.1%を占め、容量100万kWの大型火力発電所は河北斗河発電所155万kW、遼寧清河発電所130万kW等10施設を数える。都市近郊の火力発電所には、吉林発電所66万kW、富拉爾基発電所80万kW、北京第1~3発電所34万、20万、7.6万kW、哈爾濱発電所30万kWのように熱併給小型発電所が目立つ。中国はエネルギーを自国資源で賄い、1989年実績はエネルギー総括量石炭換算10億1,639万t、構成比は石炭74.10%，石油19.30%，天然ガス2.00%，水力発電4.60%で石炭依存率が高い^{6~13)}。

中国を訪れる人々の多くは、航空機で北京国際空港(首都国際空港)に着陸する。機上から見た中国の国土は、広大で見渡す限り平坦であり北京付近には豊かな耕地が続き、中国の活力を感じられる。とはいって、着陸直前に見た中国の山地からは緑がほぼ失われ、山肌があら

われて我が國とは対照的である。さらに、巨大都市北京の空はスモッグに覆われ、古い文明を有し発展し続ける中国の現在の課題の一つを物語っているようだ。

2.2 タイ王国

タイ王国は、インドシナ半島中央部にありミャンマー、ラオス、カンボジア、マレーシア等と国境を共有している。北部には集落が点在する山岳地帯があり中央部を流れるチャオプラヤ川は、平坦なデルタ地帯と穀倉地帯を形成した。その国土面積は、約51.3万km²で46%は農地とされ、28%は森林に覆われて都市域は4%以下である。

全土が熱帯で北部山岳地帯を除けばバンコクの平均気温28℃、チェンマイのそれ25℃と1年を通じ夏季に属する。また1年は5~10月の雨期、11~4月の乾期、3~5月の暑期に分けられ、年平均雨量は1,600mm、南部の半島部と東南海岸部には雨量3,000mmに達する場所もある。1990年統計ではタイの人口は約5,600万人で年率約1.5%で増加し、その1/3が都市で生活している。1990年のエネルギー消費量は、石油換算約3,160.5万t、その構成比は石油56%，天然ガス13%，石炭9%，薪等バイオマス20%で、輸送部門30%，発電部門29%，工業部門20%，農業6%，商業及び民生部門14%，その他部門で1%を使用している。タイの発電施設容量は、1990年に約800万kWで、うち水力が10%，天然ガス火力39%，石油火力22%，亜炭火力22%，輸入2%である。計画によればタイの経済成長率は1992~1996年に8.2%と見込まれ、2001年の発電施設容量を1,900万kWと見込んでいる。工業はタイ経済に最も寄与し350万人が雇用され、工業製品輸出は総輸出収入の75%の外貨170億\$を得ている。主要工業は食品、飲料、織維、衣料部門で1989年末のそれら部門の工場数は、10,099, 232, 1,793, 1,989であり全工業生産額の半分を占める。またセメント、石油精製、精糖も盛んである。とはいって、工業構造は変化しつつあって輸送機械、皮革、履物、電気機械工業が膨張し、1980年代後半の成長率は輸送機械約27%，履物19%，電気機械18%だった。またタイは3,900kmの鉄道を運営し、3万1,000kmの道路を整備して自動車を1970年の73万8,000台から1982年には220万台とした。そのうえ、河川や運河による舟運も盛んである。チャオプラヤ川河口30kmに位置する首都バンコクの面積は1,568.7km²、人口は590万人でその外郭地域を加えると890万人を数える。タイでは輸送部門のエネルギー需要が多く、バンコクの自動車交通は特に旺盛である。すなわち1975年31万3,000台の自動車登録台数は年率10%増加して1980年には45万7,000

台に膨れ上がった。さらにオートバイの増加は年率14%で7万6,000台から12万7,000台を記録した。そして自家用自動車は公用より急速に増加している。

バンコク交通局は、1982年に6,000台のバスで135路線を運営したが、この他4万台のミニバス、1万台のタクシー、8,000台のマイクロミニバス“TUKTUK”が走行し、河川を航行するテールボートも重要な交通機関である^{14~16)}。1988年7月、筆者はタイ王国の古都アユタヤ観光のため、バンコクのホテルから車をとばした。

行けども行けども道路の両側は、一目で直蔵とわかる南国の輝く太陽に育まれた果てしない緑の水田が続々、彼方に時々見えるタイ風屋根の白い建築物が映える。この平坦な土地は、母なるチャオプラヤ川により潤わされている。世界の米蔵ともいわれるタイ王国の巨大農業の豊かさを見たような気がしたが、これは後で見たアユタヤの仏教遺跡群よりも、筆者にはるかに強烈な印象を与えた。

2.3 台湾地域

台湾は東は太平洋、東北は琉球列島、南はバシー海峡、西は台湾海峡をへだてて福建省を望む台湾島を中心とし、面積は3.6万km²である。台西平原、台西丘陵盆地、台湾山地、台東海浜低山丘陵に分けられる台湾島の面積は3.57万km²でその中央には高山が縦走し山地面積が2/3を占め、その最高峰は高さ3,997mの玉山である。気候は夏長く冬無く、多風多雨で1~2月の平均気温は約15℃、南部の恒春20℃以上、7~8月の平均気温は一般に27~28℃で台風が時々やってくる。年平均降雨量は2,000mm以上で1912年火烧寮では8,408mmを記録している。

面積の1/2が森林で覆われ主要地下資源は石炭、金、硫黄、銅等である。1989年の人口は約2,010万人、主要都市台北市、高雄市以外の地域は台湾省に属する。人口は人口密度が約9,500人/km²にも達し、台湾の平均人口密度約451人/km²に比し過大な両主要都市に集中している。林業が盛んであり、主要農産物は米、甘蔗、麻類で鉄道総距離4,500km以上、道路総距離17,000km以上である。台湾の化石燃料消費量は1975年石油換算1,389万tでその構成比は石炭15.5%，石油75.3%，ガス9.2%だったが、1987年には石油換算2,881万tに増加し、構成比を石炭33.3%，石油63.3%，ガス3.4%に変化させ、経済発展を果たした。この背景となったのは北部の桃園地区、南部にある高雄地区工業地帯に立地している石油精製、石油化学、化学、機械、食品、製紙、セメント等の工場群だった^{3)9)17~18)}。1982年7月、台北市にある

松山空港を離陸し、高雄市に向かう航空機内に筆者はいたが、着陸直前に台湾海峡上空で見た高雄市は印象的だった。高雄臨海部に発達した工業地帯にある火力発電所の灰色の煙が、おりからの陸風により台湾海峡に向かっている。後で、台湾電力公司大林、南部火力発電廠の煙だと知らされたが、高雄市上空には熱帯の夏の美しい澄んだ青空が広がっている。筆者は、海陸風が発達する臨海工業地帯の大気汚染問題への有利さを見たような気がした³⁾。

3. 大気汚染の状況

3.1 大気汚染物質発生量

大気汚染状況を支配するのは、いうまでもなく気象条件と大気汚染物質発生量である。このため、種々課題が多いとはいえ、地域における総大気汚染物質排出量の推定が試みられてきた。そこで上記諸国と我が国の大気汚染物質発生量に関して記述しよう。アジアの大気汚染物質発生量に関し、加藤信夫ら¹⁹⁾の1987年についての調査結果があるので紹介すると、まず二酸化硫黄発生量は、中国1,998.9万t、タイ王国61.2万t、台湾60.5万t、日本114.3万tであり、次に窒素酸化物に関しては二酸化窒素として中国737.1万t、タイ王国38.4万t、台湾32.5万t、日本193.5万t、また二酸化炭素は炭素として中国5億9,620.5万t、タイ王国1,667.9万t、台湾2,633.7万t、日本2億7,178.6万tと推計されている。

3.2 中国の大気汚染

(1) 概要

中国国家環境保護局は、『中国環境状況公報1990』¹⁹⁾に中国の1990年での大気汚染の一般的な状況を『1990年の我国の大中都市における大気汚染は比較的激しく、小都市や町の大気汚染も激化する趨勢にある。全国の排気ガス総排出量は、田舎の工業からのものを除くと8.5兆m³で、前年比較2.8%増加している。また二酸化硫黄総排出量は、1,495万tで横這いだが、煤塵総排出量は1,324万t、粉塵総排出量781万tとそれぞれ前年より減少している。

1990年における都市の大気中総浮遊粒子濃度は日平均の年平均値で387μg/m³であり、北方の都市では475μg/m³、南方の都市では268μg/m³を記録している。総浮遊粒子による大気汚染は、石家庄、南充、吉林、烏魯木齊、洛陽、唐山で著しい。都市の二酸化硫黄による大気汚染は、北方より南方で著しく、汚染が激しい都市は重慶、貴陽、宜賓、南充、石家庄、青島

および鳥魯木齊である。都市大気中の窒素酸化物濃度を日平均の年平均値で示すと $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を記録し、北方都市 $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、南方都市 $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。我が国の酸性雨は、依然局部的地域に限られているが、拡大の趨勢にあり西南と華南地区において比較的著しい。』と報告している。

以上で中国の大気汚染概況は理解出来ようが、中国科学院の趙殿五ら²⁰⁾は、石炭燃焼が中国特に大都市に浮遊粒子や二酸化硫黄を主とする大気汚染をもたらし大気中浮遊粒子濃度は一般に北部諸都市で南部より高く、夏より冬高いといい、二酸化硫黄濃度に関しては、暖房期に北部都市で高く南西部の一部都市でも高くなると述べている。中国中央気象科学研究院の徐大海ら²¹⁾は、大気汚染物質の拡散を気象学的に考察し中国東北地区の方が、西南地区より汚染物質の希釈能力が大きいと指摘している。エネルギーを石炭に依存した諸国が最初経験したのは、降下煤塵だった。すなわち石炭燃焼による粒子は、汚染源付近に降下しセメント工場や製鉄所も注目された。中国のエネルギーへの石炭依存率は高くセメント、製鉄業も旺盛で降下煤塵が注目されている。さらに石炭の大量燃焼は浮遊煤塵、二酸化硫黄の原因でもある。表2は中国を南部と北部に分類し主要大気汚染物質測定結果を年次別、地域別に示したもので⁷⁾¹³⁾、二酸化硫黄と窒素酸化物濃度は原報¹³⁾の質量濃度 mg/m^3 を容積濃度に換算した ppb 値で示した。

表2. 中国における主要大気汚染物質測定結果

I) 降下煤塵量($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{month}$)						
年	全国		南部都市		北部都市	
	平均	平均	範囲	平均	範囲	
1984	27.2	16.1	4.5~43.1	38.0	15.3~87.6	
1986	25.0	13.2	6.0~29.5	32.6	14.8~68.6	
1988	25.0	13.5	7.0~69.0	35.0	9.9~131.3	
II) 総浮遊粒子濃度(mg/m^3)						
1984	0.66	0.450	0.190~1.030	0.870	0.370~2.158	
年	平均	平均	範囲	平均	範囲	
1986	0.57	0.319	0.219~0.627	0.715	0.196~1.575	
1988	0.58	0.440	0.222~0.740	0.674	0.270~1.597	
III) 二酸化硫黄濃度(ppb)						
1984	32.2	32.6	4.2~127.1	31.5	2.5~84.4	
年	平均	平均	範囲	平均	範囲	
1986	37.1	37.8	8.4~151.9	36.8	5.6~109.6	
1988	32.9	34.7	11.9~152.3	31.1	4.2~76.7	
IV) 窒素酸化物濃度(ppb)						
1984	20.5	18.0	6.3~36.5	22.4	4.8~46.3	
年	平均	平均	範囲	平均	範囲	
1986	23.4	20.0	6.8~47.7	26.8	8.7~52.6	
1988	21.9	20.5	4.3~53.5	43.3	3.9~58.4	

(2) 降下煤塵

表2に降下煤塵量が、 $100 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{month}$ を越えた場合があり、中国北部で降下煤塵量が1950~1960年代の川崎市、宇都宮の工場近傍程度になっていることが分かる。また砂漠からの砂塵飛来に代表される天然現象や土壤舞上がり粉塵も大気汚染に寄与していると注目されている。北京大学の陳靜生ら²²⁾は、1981年から1982年に北京市周辺と風上の北西部内蒙ゴを含む砂漠地域の降下煤塵量を測定している。そしてその性質を検討し砂塵飛来を論じ、正常な天候時の北京地域の降下煤塵は、人間活動や土壤舞上がり等主に地域特有現象に起因し、風上地域と大きく関連しないと述べ、北京地域で春季砂塵が舞う気象条件下での北西砂漠地域の影響は第四紀以来の長期的現象だと主張している。北京市環境保護科学研究所の葛啓壇ら²³⁾は、北京市の土壤舞上がり粉塵の降下煤塵への貢献率は75~85%と報告している。

(3) 浮遊煤塵

表2のように、中国では総浮遊粒子濃度が $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ を超えた地域があり、北部で $2.158 \text{ mg}/\text{m}^3$ を記録し異常に高い。

趙殿五ら²⁰⁾は中国の浮遊粒子濃度は、全国的にまた1年を通じて高く北部の都市で南部諸都市より高濃度を記録し、夏より冬高いといい特に北部で高濃度なのは、乾燥期での土壤粒子輸送によると述べている。中国科学院大気物理研究所の王明星²⁴⁾は、北京気象塔下で1981年に総浮遊粒子濃度を測定し昼間濃度が高く夜間低くなる日変化を認めている。王²⁴⁾はその結果から高濃度時の浮遊粒子濃度は $1.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ で、一般的状況の3~5倍だったと述べ、北京の浮遊粒子濃度は極めて高く1930年代のニューヨークに相当すると指摘している。また浮遊粒子中の有機物質を分析しベンゾ(a)ピレン $2.2 \sim 31 \text{ ng}/\text{m}^3$ 、ベンゾアントラゼン $3.2 \sim 43 \text{ ng}/\text{m}^3$ 、総炭化水素濃度 $14.0 \sim 369 \text{ ng}/\text{m}^3$ 等の結果を得て、高濃度多環芳香族炭化水素の存在に注目し石炭を燃焼する地域の特徴と述べている。

甘肃省環境評価所の魏群ら²⁵⁾は甘肃省の工業都市蘭州で浮遊粒子濃度を測定し、気温逆転層が大きく植物の被覆率が下がり乾燥気候となる冬に、拡散と土壤舞上がりの影響で高濃度となると述べ、蘭州地域の浮遊粒子の主要発生源は石炭燃焼、自動車排気、廃棄物燃焼等と判断できるが砂塵等自然発生源も影響していると推定している。また葛啓壇ら²³⁾は、北京市の土壤舞上がりの浮遊粒子への貢献率を30~80%と見込んでいる。中国の浮遊粒子濃度は石炭燃焼に砂塵舞上がりが加わり高濃度と指摘され、後者に関する研究が多い。

のも地域的特徴だろう。

(4) 二酸化硫黄と酸性雨

二酸化硫黄濃度は1,500万t/yearに及ぶ硫黄酸化物排出量から推定可能なようにかなり高い。さらに二酸化硫黄濃度は北より南の一部都市で高い^{19,20)}。また趙殿五ら²⁰⁾は二酸化硫黄濃度が二山型日変化をもつと報告し、甘粛省環境保護研究所の田炳申²¹⁾は蘭州の大気汚染は季節で異なり1974~1977年の浮遊粒子濃度は夏0.3~0.88mg/m³、冬1.2~3.5mg/m³、二酸化硫黄濃度は夏0.01~0.12mg/m³、冬0.19~1.72mg/m³、一酸化炭素濃度夏1.05~2.70mg/m³、冬2.70~14.83mg/m³、窒素酸化物濃度夏0.01~0.25mg/m³、冬0.15~0.62mg/m³だったと報告している。

そして冬季の二酸化硫黄濃度は、午前8~10時と午後6~8時にピークをもって日変化しこの地域の大気汚染が深刻な状況にあると結論している²²⁾。前述のように酸性雨が、中国西南部で認められ、北部地域ではアルカリ土壌に中和されている。また、中国の降雨酸性化の主原因は硫黄酸化物によるものと判断されている⁸⁾。

(5) 窒素酸化物、光化学スモッグ

次に窒素酸化物だが、石炭換算約10億t/yearという膨大なエネルギー需要を主に石炭に依存する中国では、その影響は無視できず表2に高い値がみられる。石油化学工業が立地する甘粛省蘭州では1974年以来目を刺激し呼吸困難となるスモッグが発生し1978年と1979年甘粛省環保所、蘭化公司、北京大学が調査している。そしてオゾン濃度が夏季に通常0.10ppmを超えるPAN濃度も24ppbに達していることが分かり、光化学

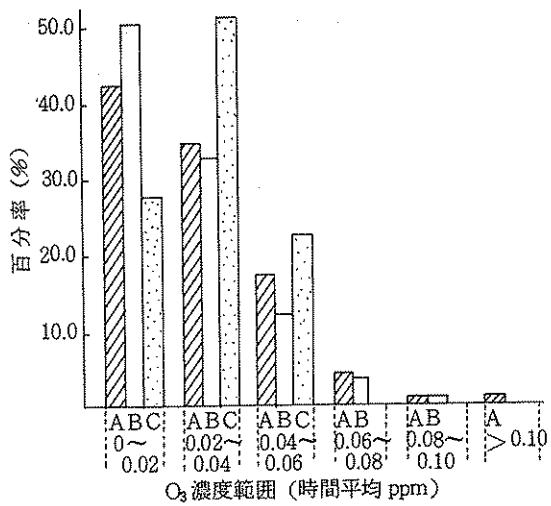


図1. 大気中オゾン濃度測定結果頻度分布
A: 市街地測定結果, B: 石油化学工業地区測定結果, C: 風致地区測定結果

スモッグの人体反応は明らかだといわれている²³⁾。

1980~1981年における北京、上海、瀋陽、青島、蘭州等での測定結果によれば最高濃度は北京市中関村地区の1時間平均値0.105ppmだった²⁴⁾。なお図2は、この測定結果の頻度分布を地区別に示したものであり総測定データ数は、市街地1,600、石油化学工業地区200、風致地区85だった。

さらに図2は、1981年6月19日の北京市中関村地区におけるオゾン濃度の時刻変化を例示したもので、日中高濃度となっている²⁵⁾。

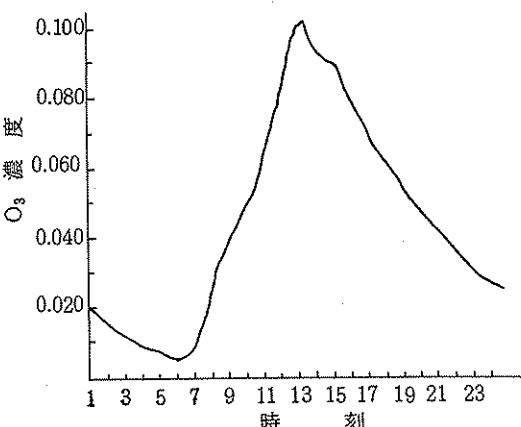


図2. 北京市オゾン濃度時刻変化例

(6) 影響

中国科学院環境化学研究所の蘇維瀚ら²⁶⁾は、1983~1985年に北京・天津地区で大気中二酸化硫黄、窒素酸化物、浮遊粒子濃度、視程等を同時測定し大気汚染の視程への影響を研究して石炭消費量と視程は負相関関係にあり、視程が4km以下になる頻度と石炭消費量との相関係数は0.97だったと述べている。そして硫酸塩とストークが視程に影響し、その低下防止に硫黄酸化物と粒子物質排出制御が必要だと主張している。また天津市気象科学研究所の孫慶敏ら²⁷⁾は天津市上空に煙霧、浮遊粒子、気体汚染物質が漂い視程を下げていると述べている。北京医科大学の徐厚恩ら²⁸⁾は、中国諸都市での数十年來の肺癌死亡率上昇に着目し、1973~1976年の間北京西郊地区で環境調査を実施し石景山地区において1974~1975年の肺腫瘍死亡率が、1956~1959年に対して1.5倍増加しているのを見出しけんのコーキス炉労働者の肺癌死亡率が、地区住民に比較して高く炉頂のベンゾ(a)ピレン濃度は平均1.72μg/m³だったと報告している。そしてこの地域での大気汚染と住民の肺癌死亡率を喫煙習慣を考慮し検討した結果、喫煙者の肺癌死亡の危険性は非喫煙者の2~3倍

だが、大気汚染の影響は顕著でなかったと述べている。中国環境科学院生態所の劉燕雲ら³¹⁾は、中国に広く分布する小麦、大麦、綿花、いんげんささげ、大豆等農作物五種類に関し濃度0.25～4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の二酸化硫黄による1～8時間暴露実験を試み、二酸化硫黄へのこれらの農作物の敏感性は、小麦、いんげんささげ、綿花、大豆、大麦の順だったと報告している。また中国農業科学院の瀬明珠ら³²⁾は石炭灰降下による油菜収量と品質に関し研究し、石炭灰に汚染された油菜はその収量を9.9～38.3%減少すると述べ、溶解性糖類、ビタミンC、アミノ酸、蛋白質等の含有率を減少させ収量とビタミンC含有率は石炭灰の25 ton/km²・monthの降下で明らかに影響されると報告している。重慶市環境科研監測所の陳思龍らは、炭素鋼を用い酸性雨による金属腐食を調査して、腐食量が重慶152 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、貴陽67.3 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、南京46 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、上海31 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、広州20 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、北京0.5 $\mu\text{m}/\text{yr}$ という結果を得て、腐食に酸性雨が寄与していると述べている³³⁾。

中国国家環境保護局の過孝民ら³⁴⁾は、中国の環境汚染がもたらす経済的損失を計算しており、大気汚染による損失額は約120億元で、このうち人の健康への損失37.64億元、農作物への損失20.23億元、牧畜への損失60万元、材料や建築への損失46.12億元、家庭の洗濯費用20億元としている。葛啓擅ら³⁵⁾は1983年の北京市の大気汚染による経済損失を4.96億元として、これは全市工農業総生産額の1.8%に相当し浮遊粒子による損失が60%を占め、次に二酸化硫黄による20%が続くと報告している。

3.3 タイ王国の大気汚染

タイ王国の大気汚染は激しく工場の燃料燃焼、輸送機関が主原因となっている³⁶⁾。発電を除く工業部門のエネルギー構成は石油30.4%，石炭15.1%，電力17.8%，天然ガス3.1%，バイオマス33.6%で、硫黄酸化物総排出量の21%，窒素酸化物のそれの12%，粒子物質の56%を排出している。現在の火力発電施設燃料構成は天然ガス43%，石油29%，亜炭22%で、将来国内産の亜炭と石炭の増加が期待されている。なお発電施設からは硫黄酸化物総排出量の56%，窒素酸化物の16%が排出されている。前述のとおり輸送機関はエネルギー大消費者で、多くの都市で主要大気汚染原因となっている。この燃料構成は、ディーゼル燃料54.4%，ガソリン23.5%，ジェット燃料17.0%，燃料油4.0%，LPG1.1%で、その75%は自動車を主とする陸上輸送機関に消費される³⁷⁾。さて1990年の輸送機関消費エネルギーの51%はバンコクで使われ、首都圏に激しい大気汚染問題

を提起している。大気中の浮遊粒子濃度は、都市郊外居住地域で50～60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、その30%は人工起因だが道路付近では、この値は70～90%となった。1983年～1989年には浮遊粒子状物質濃度は、すべて環境基準値年平均値0.10mg/m³を超えていた。バンコクで浮遊粒子粒径が研究され、その60%が10 μm がより細かく0.6～1.0 μm 、5～7 μm にあることが認められ、ケミカルマスバランス法で浮遊粒子状物質の大部分がディーゼル車に起因することも確認できた。

1983～1989年の鉛濃度は0.01～3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均値0.2～0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり環境基準値10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりもはるかに低い。1989年におけるバンコクのオゾン濃度は、環境基準1時間平均0.20mg/m³より低く、最高濃度は3～5月の正午頃観測された。気象的にバンコクは季節風の影響で2～9月の夏季は南風が支配的で、他の季節には北風が卓越して理論的に長期間にわたり大気汚染は激化しない。バンコクの二酸化窒素濃度は、1時間平

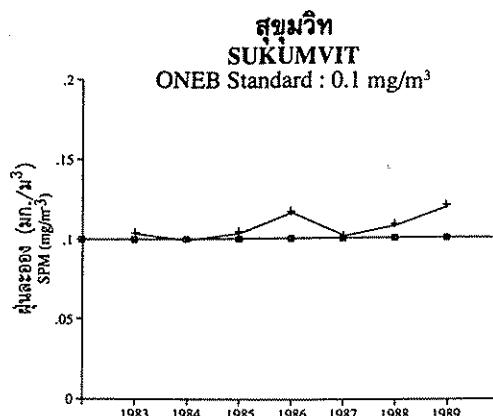


図3. バンコク・スクンビット地区
浮遊粒子状物質濃度経年変化

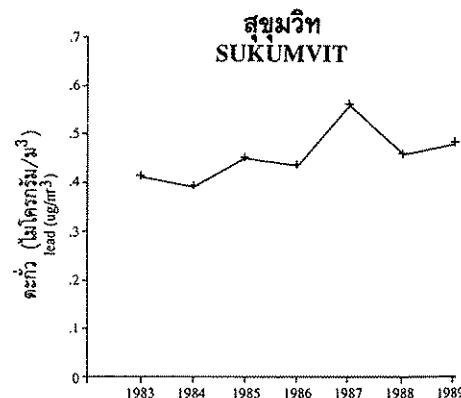


図4. バンコク・スクンビット地区鉛濃度経年変化

均 0.02 mg/m^3 で、これに対し環境基準は 0.32 mg/m^3 である。一酸化炭素環境基準は 1 時間平均 50 mg/m^3 、8 時間平均 20 mg/m^3 であり 1983~1989 年、バンコクでは大きく超過していない。住居地域の一酸化炭素濃度レベルは、1 ppm 前後だが、自動車交通渋滞地域、細街路等で問題にされている。バンコクの二酸化硫黄濃度は、暖房を必要とせず、工場が立地していないため非常に低い。このようにタイ王国の大気汚染は、毎日環境基準を超過し、日によってはその 2~3 倍の高濃度浮遊粒子で汚染されている道路近傍で激しい。そして浮遊粒子濃度が $200 \sim 300 \mu\text{g/m}^3$ となるところもあり鉛濃度が $3 \sim 5 \mu\text{g/m}^3$ 、一酸化炭素濃度の高くなる所も多いが、他の大気汚染濃度はまだ低い。

図 3、図 4 は、バンコクの中心市街地スクンビット (Sukunvit) における大気中浮遊粒子状物質、鉛濃度の経年変化をそれぞれ示したものであり、浮遊粒子状物質に関しタイの環境基準を超えており。また工業地域サムットプラカン (Samut Prakarn) 地区大気汚染調査のため、二酸化硫黄、窒素酸化物、浮遊粒子状物質の測定

が図 5 に示す測定地点で行われ、図 6、図 7 の結果を得ておき二酸化硫黄、窒素酸化物が工場、自動車、船舶等の影響で高濃度となった地点が存在し、これら大気汚染物質濃度が、二山型日変化を有し冬季高くなる年変化を示すことを認めた³⁴⁾。

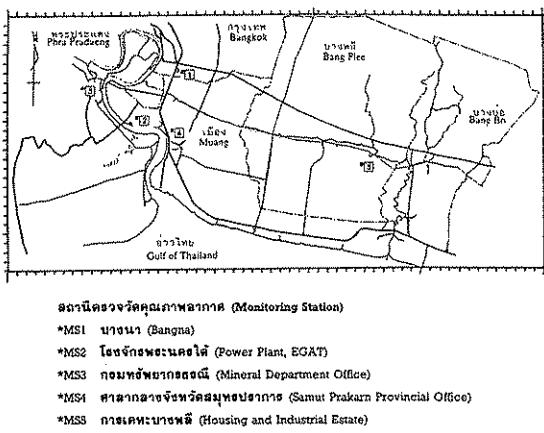


図 5. サムットプラカン工業地区大気汚染調査測定点

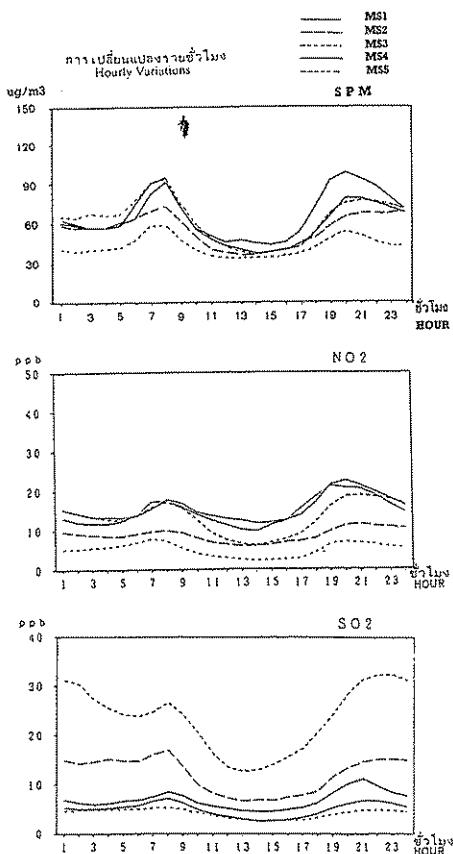


図 6. サムットプラカン工業地区大気汚染調査結果（日変化）

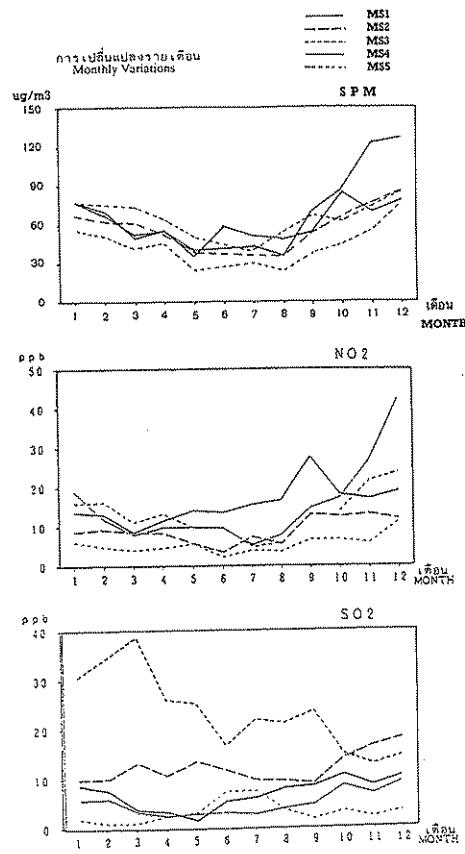


図 7. サムットプラカン工業地区大気汚染調査結果（年変化）

3.4 台湾地域の大気汚染

1982年に訪れた台北市は、地下鉄がなく市街交通を自動車にのみ頼っていること、盆地であることが原因して大気汚染は著しかった³⁵⁾。この状況は現状でも変化していないよう、佐藤幸人³⁵⁾は自動車排ガスによる台北市の 大気汚染問題を印象的に報告し、その原因の一つに地下鉄のないことをあげている。

1990年の大気汚染状況を地域的にみると降下煤塵量は、台北市 $14.24 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month}$ 、高雄県 $14.76 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month}$ と人口密集地域が工業化地域で高く、台北県、新竹県市、桃園県が $10 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month}$ 前後、他の地域ではそれ以下である。さらに総浮遊粒子濃度も同様に人口密集地域、工業化地域で高く、台北市 $241.47 \mu\text{g/m}^3$ 、台南市 $190.90 \mu\text{g/m}^3$ 、高雄市 $168.69 \mu\text{g/m}^3$ の値を記録し、他地域はそれ以下である。二酸化硫黄濃度は基隆市 49 ppb 、台南市 35 ppb 、桃園県 33 ppb 、高雄市 27 ppb 、台北市 22 ppb 、新竹市 15 ppb を記録している。また、二酸化窒素濃度は台北県 43 ppb 、基隆市 34 ppb 、桃園県 31 ppb 、高雄市 24 ppb である。このように台湾では、大気汚染レベルの高い都市があり、工場、自動車等が注目され道路舗装にともなう粉塵発生、ごみの野外焼却も問題になっている¹⁷⁾。

4. 大気汚染対策

4.1 中国の大気汚染対策

- (1) 行政的動向の概要；中国政府は1982年の新憲法にも環境条項を盛り込み、現在環境行政を推進すべく日本の内閣に相当する国务院に環境保護委員会を設けこの直属機関として国家環境保護局を設置している。また中華人民共和国環境保護法を制定し大気汚染防止法、大気環境基準等を定めて環境管理を柱とする行政を進め、中央組織充実とともに地方行政組織強化を図り中央、地方に研究機関を設立して研究、計画、監視を進めている³⁶⁾。
- (2) 監視と予測；中国の大気汚染監視はかなり詳細に行われている。例えば筆者は、北京市環境監測中心が、市内大気汚染観測局の自動連続分析計から1時間毎に伝送される各種大気汚染物質濃度データーを集中的に管理しているのを見た。そして各地監視測定結果は、省や市の環境保護行政当局から発表され、国家環境保護局に送られている。さて大気汚染物質排出量の合理的削減には大気汚染予測モデル作成は不可欠である³⁷⁾。南京大学の蔣亞洪ら³⁸⁾は、上海市、江蘇、安徽、浙江、江西、福建の1市5省を対象地域にパフ・トラジェクトリーモデルによる二

酸化硫黄、硫酸イオン濃度予測手法を研究している。

この結果、予測値は実測値と一致し、二酸化硫黄と硫酸イオン表面濃度のパターンは同じで江西省西部で高濃度を示した。また二酸化硫黄表面濃度は冬季に夏季より高く、硫酸イオン濃度はその逆になり小規模低煙源の地域汚染への著しい影響を認めている。さらに上海城市建设学院の周斌斌ら³⁹⁾は予測に必要な大気安定度に関する研究を上海地区で行っている。

- (3) エネルギー供給の合理化；中国の大気汚染は、主に石炭燃焼や冶金工場等からの煤塵と二酸化硫黄によるもので、対策もこれらを重視して実行されてきた。そして先進諸国が、燃料転換や改質を進めたように都市燃料の石炭からガスへの転換が重視され、石炭ガス、天然ガス供給を増加させ現在全国の都市人口5,550.3万人にガス燃料 $333 \text{億m}^3/\text{year}$ が供給されている³⁶⁾。また1989年、遼寧省阜新市においては日産 22万m^3 の石炭ガスを 5.7万戸 に供給し、長春市東郊石炭ガス化工場では日産 44万m^3 の石炭ガスを 15万戸 の市民と一部工場に供給している。

さらに上海市では新たに6万余戸に石炭ガス、液化ガス供給を開始している³⁶⁾。中国には地域熱集中供給を行う熱供給火力発電所が目立つと前述したが集中熱供給は重視され、特に冬寒冷化する東北、西北、華北地区での暖房に活用されている。これは最近10年間、環境保全面から重視され1989年、全国諸都市の集中熱供給面積は $19,385.7 \text{万m}^2$ にもおよんでいる³⁶⁾。発電所の熱供給化は、その総合熱効率向上に有用だが、中国の熱施設の熱効率は著しく低い。中国科学院能源研究所の胥俊章⁴⁰⁾は、中国のエネルギー利用率は30%前後で先進諸国に比較し低く発送電部門で中国 23.9% に対して日本 30.0% 、米国 30.6% 、工業部門で中国 35.0% に対して日本 76.0% 、米国 75.1% 、交通部門で中国 15.2% に対して日本 22.4% 、米国 25.1% 、民用部門で中国 25.5% に対して日本 75.4% 、米国 75.1% という数字をあげ合理化を主張している。また、中国鉱業学院の黃鐘成ら⁴¹⁾は、中国の石炭燃焼効率は工業先進国に比較して低く、中国は石炭 1.8億t を毎年余計に燃焼し45%多い汚染物質を排出していると述べている。黄らはまた石炭を 600°C 前後で乾留後、成型加工するかあらかじめ石炭を加工成型して 350°C 前後で加熱して無煙化した成型炭（型煤）の使用は、煤煙発生を $30\sim49\%$ 低下させ、成型工程で石灰を混合するため $20\sim63\%$ の脱硫効果も期待出来るうえ、燃料節約も可能で大気汚染防止に有効なばかりでなく経済的にも有利だと述べている⁴¹⁾。中国

では成型炭は普及し1989年の民用成型炭全国生産量は、2,900万tで前年比900万t増加している。

そして32都市の民生用成型炭普及率は54.6%で、瀋陽市政府は大気汚染防止と燃料節約のため民生用成型炭を重視し、太原市は生産に資金的技術的措置をとっている多くの都市で普及につとめている³⁶⁾。また1988年、中国製鉄所のコークス炉ガス利用率は97.2%，高炉と転炉ガス利用率はそれぞれ90.38%，33.55%に達し省エネルギーを実行して大気汚染防止に努めている点は注目すべきであろう³⁶⁾。

(4) 集塵装置による煤塵対策；中国では集塵装置設置で煤塵、粉塵の回収が進められ1989年に全国で回収された工業粉塵量は、1,786万tにのぼり工業粉塵839万tが大気中に排出されている³⁶⁾。中国の製鉄業発展は目覚ましく大気汚染物質排出量は大きかつたため1981年以来対策を進め、現在すべての焼結炉、転炉に集塵装置を設置したほか、コークス炉、平炉、電気炉の集塵装置設置率は、それぞれ67%，90%，48.4%となっている³⁶⁾。筆者は、北京市の首都鋼鐵公司製鉄所を訪れたが、2基の酸素製鋼用上吹転炉排ガスをベンチュリ・スクラバで酸化鉄フュームが、可視出来ない程度まで処理しているのを見た。首都鉄鋼公司の李榮霞⁴²⁾は同製鉄所の集塵装置処理排ガス中平均粉塵濃度は43.6mg/m³だと報告している。このような努力で、1973年に本溪製鉄所付近の降下煤塵量は900t/km²・monthを記録したが、1988年には92.99t/km²・monthに下げ、鞍山製鉄所では534t/km²・monthが、79.71t/km²・monthに、武漢製鉄所は551t/km²・monthが、58.59t/km²・monthに下げられている³⁶⁾。筆者は、1959～1960年に京浜工業地帯の製鉄所近傍で降下煤塵量を測定し年平均65t/km²・monthという値を得た⁴³⁾が、これにより中国における製鉄所近傍の降下煤塵量が異常に高かったこととかなり改善されていることが理解できる。

そして現在では、宝山製鉄所、首都鋼鐵等多くの製鉄所における付近降下煤塵量は、国際的水準に到達しているといわれている³⁶⁾。このような努力は例えれば上海市環境保護局⁴⁴⁾が発表した1989年の同市中心部の降下煤塵量分布を見ると、付近に宝山製鉄所が立地するにもかかわらず、測定値が17.9～29.0t/km²・monthの範囲に止まりその影響が認められないことからも理解できる。さらに製鉄所では鉄含有率50%の粉塵620万tを回収して原料にし高炉渣を高炉セメントの原料にする等省資源につとめている³⁶⁾。

(5) 二酸化硫黄対策；中国の降下煤塵、浮遊粒子汚染は改善方向にあるが二酸化硫黄は問題である。この対策には成型炭普及や石炭処理により燃料硫黄含有率を30%低下させてきた²⁰⁾が、硫黄酸化物排出量は依然膨大で、排ガス脱硫装置採用が課題となった。上海宝山鋼鐵総廠の楊颶⁴⁵⁾は、中国の技術開発は1950年代に開始され不完全資料であるが約80件もの技術的開発がなされたといっている。しかしこれらは硫酸工業や冶金工業にかぎり火力発電所や製鉄業に関する研究は少ないと述べている。そして中国は排ガス脱硫技術の技術的基礎を持つものの、その設置状況の進展は緩慢で火力発電所では基本的に高煙突対策をとってきたといっている。また上海閘北発電所の処理能力2,500m³/hrの石灰一石膏法による設備、南北窒素肥料工場のアンモニア酸化法による装置のように処理能力130,000m³/hrのもののほかウエルマンロード法、ヨード活性炭法による装置等10施設を典型例として紹介している。さらに楊颶⁴⁵⁾は1982年の中国の電力、冶金、化学工業部門調査の結果化学工業での主要硫黄酸化物発生源は、排ガス中二酸化硫黄濃度0.5%以下の硫酸工場で、粉塵濃度低くアンモニア法等により容易に脱硫されていると報告している。また冶金工業における排ガス中二酸化硫黄濃度は、0.3～2%の範囲にあり年間排出量は100万tを超えており、濃度0.5%以上の場合は処理されているが、以下の場合はそのまま放出されているといい、処理法は化学工業の場合同様だが、MnO₂やZnO等の吸収剤による方法等多種類の技術が採用されていると述べている。さらに製鉄業の主要二酸化硫黄発生源はいまだなく焼結炉でその濃度は1,000ppm以下、排ガス量多く粉塵濃度高く脱硫困難でそのまま放出され、1981年における62の重点企業からの二酸化硫黄放出量は47万tにのぼるといっている。また同年の出力5万kW以上の火力発電所からの二酸化硫黄排出量は、240万tと大量であるにもかかわらず、火力発電所には工業規模の脱硫装置は設置されていないと述べている。そして通常発電量1kWhあたり3～5m³の二酸化硫黄濃度1,000～3,000ppmの排ガスを排出するため、このような大量で低濃度排ガス処理には、技術的課題とともに火力発電所建設費の20～30%の脱硫装置投資を要する経済問題が存在するといっている⁴⁵⁾。現在中国では火力発電所排ガス脱硫装置設置が開始されているが、経済問題は大きな課題のようである。この技術普及には日本でも経験した装置移動上の諸課題克服は不可欠だが、回収硫黄は本来活

性なためこの環境安全性の確保も重要課題で、アルカリ資源の供給を必要とする。日本は膨大な固有資源石灰石による石灰一石膏法を早くから完成させ、環境安定性が高い副生石膏をセメント凝固遮延剤や石膏ボード原料として活用している²³⁾。中国も石灰資源は豊富で石灰一石膏法は有望だろうが、硫黄酸化物排出量が膨大なため副生石膏利用に関し慎重な計画が必要で、回収硫黄化合物の処理を誤り環境安定性を確保せずに放置するとこれによる別の環境汚染を発生しかねないので注意すべきだろう。

(6) その他大気汚染対策；中国の大気汚染原因は主に煤塵、二酸化硫黄だが窒素酸化物、光化学スモッグ対策、自動車排ガス対策も重要で自動車は大都市大気汚染源として注目され対策が検討されている³⁰⁾。ただ中国主要都市で目立つロリーバスは、道路近傍大気汚染対策に相当結び付いているだろう。大気汚染対策には地域性が強調される。葛啓壇ら²³⁾は、北京市の大気汚染対策に関し気体燃料、成型炭、燃料油等良質燃料の採用、集中熱供給による燃料節減、約30万台走行し年率5%で増加する自動車対策を主張し、緑化で降下煤塵量を60~80%，浮遊粒子濃度を20~40%減少できるといっているが、これも地表面からの粉塵影響が多い北京市では有効だろう。

田炳申²⁶⁾は、蘭州市の大気汚染対策として土地利用を着目し、集中熱供給の実行、燃料利用の合理化、燃料転換特に低品位褐炭より気体燃料への転換、工場配置は正等を主張しているが、市内西半分の西固地区に石油化学等工場が集中して光化学スモッグの発生をみている現状を考慮すれば、工場配置は正に賢明だろう。また、筆者ら²⁷⁾は地方の小形火力発電所の整理統合を促進し送電設備を改善して送電損失を避けるべきと提案している。

4.2 タイ王国の大気汚染対策

タイ王国政府は1975年国家環境委員会を設置し、その事務局として環境保全政策の企画調整、環境基準設定、環境監視を行う環境庁（Office of The National Environmental Board, ONEB）を創設した。ONEBは、前述の大気環境基準を設定し、1981年以来バンコクに8局、バンコク南部の工業地域サムットプラカンで4局の大気汚染測定局を稼働し、チェンマイ、ハアドヤイ等で移動局による大気汚染測定を継続している。さらに工場規制を工業局、自動車排ガス対策を警察局、陸運局で実行している。タイの工業は急速に発展し、その新規立地をバンコクに求めている。しかし政府は、その他地域へ

の立地を奨め大気汚染回避につとめている。大気汚染に大きく影響する工業は、セメント、ガラス、窯業である。政府の国産燃料奨励政策で燃料価格は亜炭が有利となっている。

しかし亜炭は石炭の4~5倍の硫黄酸化物、1.5倍の窒素酸化物、2倍の粒子を燃焼で排出する。亜炭への燃料転換は予知できる将来における工業による大気汚染程度への重要な要素と指摘されている。前述のように電力事業は今後拡大傾向にあり大気汚染に影響を与えよう。このため新省エネルギー法が制定され、より効率的電力使用が考慮されている。また自動車による大気汚染防止のため1,600cc以上の新車に1993年1月から触媒による排ガス除去装置を法律にもとづき取り付けることが計画され、自動車検査、ガソリンの無鉛化、ディーゼル燃料の改善等が考えられている¹⁴⁾。また、日本政府の資金提供、技術協力による環境研究研修センター（ERTC）の設立と運営⁴⁰⁾¹⁴⁾は、これら政策の展開に必要な研究や技術者育成に期待されており、すでに日本人専門家も赴任している。なお写真1~3は、ERTCの建築および実験室を示したものである。

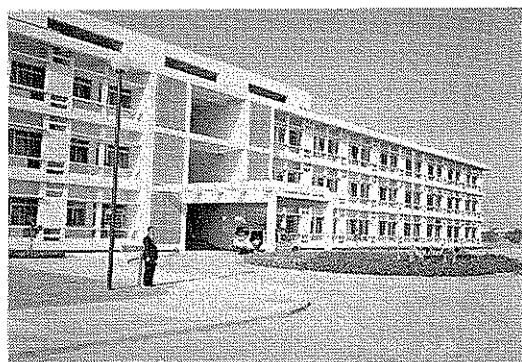


写真1. タイ王国環境研究研修センター（ERTC）

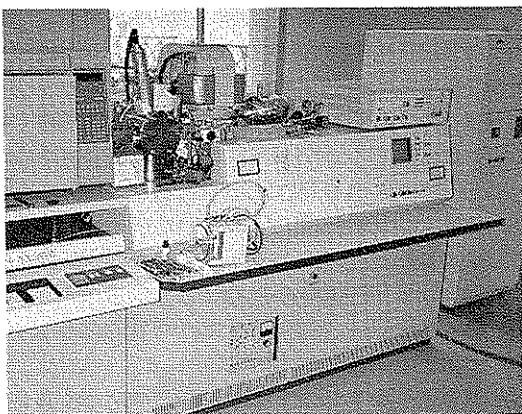


写真2. ERTC 質量分析室

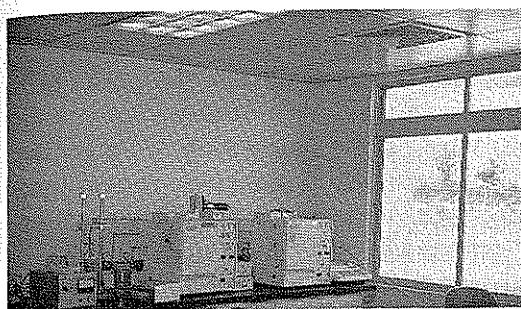


写真3. ERTCガスクロマトグラフ実験室

4.3 台湾の大気汚染対策

大気保全行政組織として行政院環境保護署が保全計画を策定し各県市環境保護局がこれを実施している。そして降下煤塵131, 浮遊粒子132, 二酸化硫黄24, 二酸化窒素30, 一酸化炭素37局等からなる測定網が行政院と地方行政組織により稼働中である。総浮遊粒子, 浮遊粒子状物質, 二酸化硫黄, 二酸化窒素等の大気環境基準, 産業廃棄物焼却炉, 燃焼施設等固定発生源に対する粒子物質, 硫黄酸化物, 窒素酸化物, 一酸化炭素等排出基準が制定され, 黒煙, 一酸化炭素, 炭化水素等自動車排ガス規制も実行されている。特に自動車には無鉛ガソリンの普及, 代替燃料自動車の採用等が考慮されている¹⁷⁾。この結果, 台湾で燃焼される石炭中の硫黄分は1975年1.58%だったが1985年1.17%に, 1987年には1.03%に低下している。また石油製品中の硫黄分については1975年軽油1.00%, 重油3.45%だったが1985年軽油0.76%, 重油2.96%に, 1987年には軽油0.88%, 重油1.70%に下げられている¹⁸⁾。台湾の大気保全対策には課題が多い¹⁷⁾とはいって, 充実した対策が実行されているように思われる。

終わりに, ご協力いただいた中国国家環境保護局王玉慶, 王之桂, 全浩, 過孝民, 程子峰, 孫重武, 夏光, 張磊の諸氏, タイ王国OENB Monthip S. Tabcanon女史, 台湾国立中央大学呂世宗教授に感謝するとともに, 筆者の諸国訪問は, 環境庁, JICA, 財団法人交流協会事業のためであることを付言し, 関係者に感謝いたします。

なお本報告は, 平成4年6月19日開催された第11回大気汚染研究協会関東支部総会における筆者の講演予稿論文集に加筆したものである。

引用文献

- 1) 谷浦孝雄編; アジアの工業化と技術移転, アジア経

- 済研究所(1990)
- 2) 氷見康二; 石膏と石灰, №221, 35 (1989)
- 3) 氷見康二; 公害と対策, 19, 245 (1983)
- 4) 氷見康二; 神奈川県公害センター年報, №21, 65 (1989)
- 5) 氷見康二; 環境公害新聞, №1161, 4 (1992)
- 6) 氷見康二; 石膏と石灰, №238, 53 (1992)
- 7) 財団法人日本環境センター; 平成2年度環境部委託業務開発途上国環境保全計画策定支援調査(中国) (1991)
- 8) 全浩; 大気汚染学会誌, 26, 293 (1991)
- 9) 地図出版社; 中華人民共和国地図集, 新華書店上海発行所(1989)
- 10) 中国統計局工業交通統計司編; 中国能源統計年鑑, 中国統計出版社(1989)
- 11) 國家統計局編; 中国統計年鑑, 中国統計出版社(1990)
- 12) Jia Yunzhen; Coal Trans., 86, 131 (1986)
- 13) 国家環境保護局編; 第三次全国環境保護会議文件匯編, 中国環境科学出版社(1989)
- 14) Technical Committee on the Global Environment, The Goverment of Kingdom of The Thailand; THAILAND COUNTRY REPORT TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (UNCED) (JUND 1992)
- 15) UNEP; Human Settlements Atlas for Asia and the Pacific, III, 29 (1986)
- 16) UNEP; Human Settlements Atlas for Asia and the Pacific, II, 172 (1988)
- 17) 呂世宗教授資料(1992)
- 18) 加藤信夫, 小川芳樹, 小池俊也, 坂本保, 坂本進; アジア地域のエネルギー消費構造と地球環境影響物質(SO_x, NO_x, CO₂)排出量の動態分析, 科学技術庁科学技術政策研究所(1991)
- 19) 国家環境保護局; 中国環境状況公報(1990)
- 20) Dianwu Zhao and Bozen Sun; J. of Air Pollut. Contr. Assoc., 36, 371 (1986)
- 21) 徐大海, 錦鉄林, 趙文德; 中国環境科学, 2, (1) 1 (1982)
- 22) 陳靜生, 劉寶山, 賈振邦; 中国環境科学, 4, (1) 10 (1984)
- 23) 葛啓壇, 谷清, 徐長松, 苗凡粧; 中国環境科学, 8, (2) 1 (1988)
- 24) 王明星; 中国環境科学, 4, (3) 36 (1984)
- 25) 魏群, 張寧, 王健英, 李抗美, 邵義林; 中国環境科学, 8, (6) 10 (1988)

- 26) 田炳申; 中国環境科学, 3, (2) 60 (1983)
- 27) 唐孝炎, 李金憂, 李文, 陳旦華, 王文興, 翁健華, 湯大綱, 周桂玲; 中国環境科学, 4, (1) 68 (1984)
- 28) 蕭維瀚, 張秋彭, 宋文質, 羅超, 袁紀文; 中国環境科学, 6, (3) 24 (1986)
- 29) 孫變敏, 李樣, 解以楊, 郭之懷, 李之煌, 王國華; 中国環境科学, 4, (1) 34 (1984)
- 30) 徐厚恩, 周宗燦, 李天霖, 付媚玲, 宋藩生, 劉金鳳, 姜華; 中国環境科学, 7, (1) 44 (1987)
- 31) 劉燕雲, 曹洪法, 舒儉民, 高映新; 中国環境科学, 9, (3) 183 (1989)
- 32) 潘明珠, 孔再德; 中国環境科学, 10,(1) 24 (1990)
- 33) 過孝民, 張彗勤, 李平; 中国環境科学, 10,(1) 51 (1990)
- 34) Office of The National Environmental Board, Goverment of Kingdom of Thailand ; AIR AND NOISE POLLUTION IN THAILAND (1989)
- 35) 佐藤幸人; アジ研ニュース, No. 109, 10 (1990)
- 36) 《中国環境年鑑》編輯委員会編; 中国環境年鑑, 中国環境科学出版社 (1990)
- 37) Himi, Y.; Bull. of Jap. Env. Sanit. Cent., No. 16, 20 (1989)
- 38) 蔣亞洪, 蔣維樞; 中国環境科学, 7, (4) 47 (1987)
- 39) 周斌斌, 徐家騏; 中国環境科学, 10,(1) 40 (1990)
- 40) 脊俊章; 中国的節能形成与前景, 国家經濟委員會中國科学院能源研究所, 5 - 7 (1982)
- 41) 黃鐘成, 王佩蘭; 中国環境科学, 4, (3) 17 (1984)
- 42) 李榮霞; 北京週報, 27, (50) 10 (1989)
- 43) 氷見康二, 尾崎良雄; 工業化学雑誌, 65, 1901 (1962)
- 44) 上海市環境保護局; 上海市環境狀況公報, 6 (1989)
- 45) 楊颶; 中国環境科学, 4, (3) 10 (1984)