

[総説]

科学技術と環境汚染

—技術発展の流れを顧みその転機に期待して—

Technology and environmental pollution,
—Looking back the development of technology
and expecting to its turning point—

氷見康二*

Yasuji HIMI

1. はじめに

産業革命以来の科学技術を基本に発展してきた工業化が、人類に繁栄をもたらしたことは何人も否定出来ないだろうが、工業化が環境汚染問題を引き起こし、幾多の障害を及ぼしてきたのも紛れもなく、さらにこの問題は従来から注目されてきた地域的課題に加え、地球規模にまで拡大したのも事実だろう。しかし環境保全対策の実施には科学的知見を必要とし、環境汚染問題を解決に導いたのも科学技術であり、そのため科学技術と環境汚染に関し総合的学術討議を要するものと考えられる。さて、環境汚染問題に関する学術的討議は、例えば筆者の専門分野の大気汚染に関して考慮すれば、主として分析化学、気象学、植物学、保健医学等を基礎とし敢えていえば総合的考察を主要なものとして今日にいたっているように思える。とはいえ、地球規模環境問題への人々の意識の高まりは、環境問題に関し大きな学術的転機を期待しているように考えられる。筆者は、我国最大の工業地帯として常に我国工業化に指導的立場をとり続けてきた京浜工業地帯において、1950年代後半より主として大気汚染に注目しつつ工業化にともなう環境汚染対策に従事してきた。そこで大気汚染問題を特に考慮しつつ、科学技術の発展の流れを顧みながら、環境汚染につきその転機に期待しつつ論じたいと思う。

2. 科学技術と環境科学

まず科学技術と、環境問題処理を目的とする環境科学

につき論じてみよう。科学技術の定義は多く、例えば、横浜市立大学三枝博音元学長による『技術とは、人間の実践的生産における客観的規則による形成の判断力的過程である。』¹⁾という定義がよく知られているが、筆者の知る限り最も直截な表現は、西畑栄三郎博士の『人間を含み、森羅万象みな自然や。それを知るのが科学で、知り過ぎることはない。そこで得た知識をどう使うかが技術で、技術者は人倫がなければあかん。』²⁾との教えのように思う。そして、この言葉で科学と技術、さらには科学技術をよく理解出来ると考えられる。要するに、技術とは実用を重んずるのである。

そこで環境科学の課題は、みな環境保全という実用化を意識したものであり、環境科学が科学だから、知ることごとく足りるではすまされないように思われる。なお環境科学とは、環境すなわち取り囲む区域、周囲の状況、生物体になんらかの影響を与えるすべてのものに関する科学と理解出来て、それ故にその総合性は強調されるべきだろうが、一定の合意は存在していないと考えられる。

3. 科学技術と評価

何事もその発展過程で幾多の有益な評価があり、はじめて発展が可能であって、このことは科学技術に関しても例外ではあるまい。さて科学技術評価には、多くの考え方がある。例えば、機械文明を支える内燃機関の存在は評価さるべきだろうが、これにはガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、ガスタービンとがあり、それらの機械工学的評価が、それぞれに存在する。1903年、アメリカ人 Wilbur Wright, Orville Wright 兄弟による滞空 59 秒、距離 260 m の航空機の初飛行が実現したが、この成功の原因は重量の割合に出力が大きいガソリンエンジンをこの飛行

※ (財) 日本環境衛生センター東日本支局環境科学部
Department of Environmental Science, East Branch,
Japan Environmental Sanitation Center

機に搭載したことだといわれている³⁾。要するにガソリンエンジンは、極めて軽快なエンジンで、長く航空機用エンジンとして用いられてきた。とはいえ、技術への評価は、このような機械学的特性のみでなく、別の工学的立場で行うことも可能である。そこで筆者は、学生時代の東北大学工学部徳久寛教授による内燃機関と燃料の関係で、ガスタービン開発の意義を説く次のような講義を思い出す。それは概略『石油は軽い溜分ガソリン、中間溜分ケロシン及び重い溜分重油に分けられている。これらのうち、ガソリンはガソリンエンジン燃料に、重油はディーゼルエンジン燃料として用いられてきたが、主にケロシンを燃料とするエンジン開発はなく、従ってケロシンは他に用いるかガソリンへの改質が試みられた。そこでケロシンを直接燃料とするガスタービンの出現は、天然資源の効率的利用のうで好ましいものである。このように技術とは常に天然資源存在状況に合わせて開発すべきで、その意味でガスタービンの出現は、その機械学的性能が優れている点ばかりでなく、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンの過度な普及で、余剰となるだろうケロシンを効率よく直接動力に変え得る点でも優れた技術開発というべきだろう。』というものだった。このように科学技術の評価は、多分野から可能でその発展が進み巨大化すればする程、総合的評価が必要だろうと思われる。東北大学において技術哲学を講じた本多修郎教授は著書『技術学概論⁴⁾』の中で、技術論の提起に関し、これは近代資本主義がその興隆期を過ぎ、その退廃の兆候を示しはじめた時に取り上げられたと述べ、『産業革命を起点とするその興隆期には、イギリスで起こった小規模な機械破壊運動を除いては、社会の技術的進歩に対する明るい信頼があったために、技術の本質そのものについての深刻な反省は起こらなかったといえる。…(中略)…ところが資本主義経済の成熟とともに、ようやくその退廃の兆しが現れ、社会的には経済不況や恐慌が襲ってくるようになり、個人的には人間の非人間化、機械的機構への隷属化に基づく「人間の疎外」が問題になってきた。』と記述し、20世紀初頭にいたり技術に反省を求めるといったと述べている⁴⁾。このような見解は、科学技術への評価の拡がりとその社会的変化と考えられるが、科学技術の評価で我国に最近起き、しかもその大きな拡がりの契機となったものに環境汚染問題があるのも事実だろう。あの公害国会の契機を作り、今日の環境保全体制整備の力となったのは、1970年のマスコミの産業公害に反対し、関係企業、行政を批判したキャンペーンだったことは誰も否定出来ない⁵⁾。

この状況は、『環境危機』と呼ばれたが、筆者は『社会

危機』、『企業危機』、『技術危機』だったとも思っており、これも科学技術への評価で、その拡がりだったと考えている。しかしこの評価は、結局は我国の現在の優秀な環境保全技術の一つ汚染物質回収技術を生み、これを普及させる契機となり、評価が発展につながることを実証した。また同時に、環境保全技術発展の過程で、技術の主体性放棄にも似た歪みをも生んでいるようにも思っている。とはいえ、環境保全技術の進歩には当時のキャンペーンにも似た社会的に大きくそして激烈なうねりを要するのではないかと考えている。

4. 科学技術と環境汚染の関係を技術史に探る

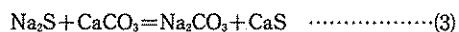
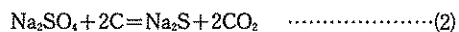
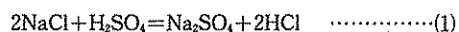
4.1 石炭燃焼と大気汚染

科学技術が、環境汚染をもたらしてきた状況を大気汚染に関し技術史に探ってみよう。この問題は古い歴史を持ち、例えばロンドンでは暖房に薪が使われ、森林枯渴を招き石炭が燃焼されはじめ、煤煙や二酸化硫黄による大気汚染が、古くから広域化した。すでに13世紀、ロンドン市民は石炭燃焼の煤煙に苦情をいい1273年、石炭燃焼の禁止法が成立し1306年、違反者が処刑されている⁶⁾。しかしElizabeth I世時代には法律は緩められ、彼女の王宮付近にあるビール工場の煙への苦情が記録され1648年、ロンドン市民は、ニューキャッスルからの石炭輸送禁止を嘆願している⁷⁾。そして、John, Evelynのテムズ河下流への工場移転を提案する大気汚染対策に関する著作“Fumifugium”が、1661年Charles II世に提出される。

とはいえ、A. R. Meetham⁸⁾が、“Fruitless effort to rid London of Smoke”といったように彼の提案は全く無視されてしまう。その後英国では、石炭燃焼の禁止と緩和がくり返され、煤煙防止の法律も施行されたが、後述するロンドン事件を迎えるのである⁹⁾。

4.2 アルカリ工業の勃興と塩化水素による環境汚染

1775年、フランス学士院は従来天然資源に頼ってきたソーダ灰の不足状況を考慮し、豊富な食塩からの製造技術開発を懸賞募集した。オルレアン公の侍医だったNicolas Leblancは、これに応じ、食塩に硫酸を加え、得た芒硝に木炭と石灰を作用させてソーダ灰を得る(1)~(3)式に示すルブラン・ソーダ法を発明する。



そしてオルレアン公の保護により日産250~300kgを製造したが、フランス革命の勃発でオルレアン公は処刑され、工場は没収されて懸賞金も入手出来ず1809年

Leblanc は自殺する^{8) 9) 10)}。

パリの工芸史博物館の前庭に、1886年建立されたこのソーダ工業創始者の銅像が現存する⁹⁾というが、彼の悲劇とは別にこの方法は、大規模に工業化されていく。すなわち James Muspratt は、1823年英国で工業化した¹¹⁾が(1)式の反応式のように副生する塩化水素による大気汚染被害を生じ、当時問題になっていた煤煙以外の化学薬品による新環境汚染問題を生むのである^{6) 10) 12)}。英国政府は、1863年アルカリ法を制定し塩化水素の95%回収を義務づけ、1874年には排ガス中塩化水素濃度を0.2 grain/ft³ (約300 ppm) 以下に保つよう規制した¹²⁾。

世界最初の化学薬品環境排出規制だろうと思われる。これはコークスを充填した充填塔ゴッセイジ塔開発で克服されたものの、大気汚染を水質汚濁に転化したに過ぎなかった¹⁰⁾。

4.3 セメント工業とダスト飛散

さて今日の文明を築いた技術に、石灰石、粘土等の岩石原料を用い岩石構造物構築を可能にした1824年の英国でのポルトランドセメントの発明がある^{9) 13)}。我国における明治初年の洋風建築流行は、我国セメント需要量を増加させ、明治政府はその国産化を目指す、その直接的動機は横須賀製鉄所第2号ドックの建設だったといわれている¹³⁾。我国最初のセメント製造は、明治8年5月で、工部省深川製作寮出張所の湿式焼成炉によるものだが、これはセメント発明から51年目、米国の生産開始と同年であり、当時の指導者の工業化意識が偲ばれる。この深川の工場は、後に浅野総一郎に払下げられ、浅野セメント株式会社の基礎となるが、主に粉砕と焼成からなるこの工業には、ダスト飛散は不可避だった。そして特に浅野セメント株式会社が、明治36年に米国の Allis-Charmers' Manufacturing Co. より新技術回転炉を導入するとダストへの苦情が深川区民から寄せられ、明治40年工場移転要求を承諾するまで譲歩するにいたる¹³⁾。同社社史¹³⁾はこの回転炉稼働がダスト飛散問題を表面化したと述べ、F. G. Cottrell が、電気集塵装置を開発する¹⁴⁾とこれを導入し、その効果を区民に示して移転要求を撤回させたといっている¹³⁾。

4.4 製鉄業の発達と大気汚染

古くから人類発展上不可欠だった製鉄業近代化の基礎は、15世紀頃の製鉄高炉出現だが当初還元剤に求めた木炭不足がその発展の制約だった。このため石炭利用が試みられたものの含有硫黄のため成功せず、18世紀に石炭をコークス化して脱硫し、高炉技術を安定化した⁹⁾。さて我国は現在世界屈指の製鉄国の地位を保有している

が、この発展で忘れ得ぬものに純酸素製鋼上吹き転炉とその基礎トーマス転炉がある。トーマス転炉は、周知のように19世紀に英国の青年技術者トーマスが、燐含有量の高い欧州産鉄石を原料とした銑鉄精錬のため開発した塩基性製鋼用転炉で^{8) 9) 15)}、これを我国に導入したのは日本鋼管株式会社創設者の一人、今泉嘉一郎博士である¹⁶⁾。

昭和13年6月27日、日本鋼管株式会社は、トーマス転炉稼働を開始する¹⁶⁾が、発生フェームは注目された⁵⁾。

この転炉は、後に開発された純酸素製鋼上吹き転炉の源流で、我国製鋼技術を卓越させた基礎といわれた¹⁶⁾が、太平洋戦争後、これに純酸素を吹き込むにおよび¹⁷⁾発生する酸化鉄フェームの赤い煙は、太陽さえ真っ赤に染め市民は注目した⁵⁾。なお、写真-1は、長く日本鋼管株式会社アウマンの家に保存され、現在川崎市等々力緑

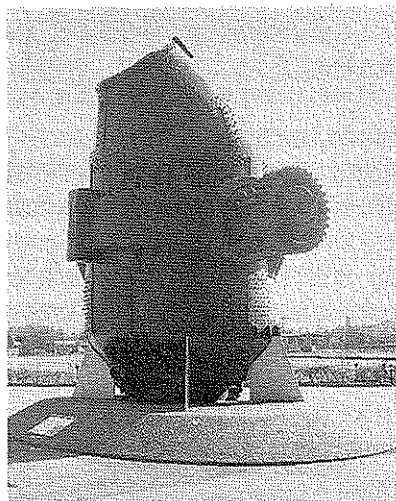


写真-1 トーマス転炉 (筆者撮影)

地内市民ミュージアムに保存されている今泉のトーマス転炉の1基である。昭和31年、日本鋼管株式会社は、オーストリアのアルピネ社との技術提携で、純酸素製鋼上吹き転炉の稼働を開始し¹⁷⁾、同時に西ドイツのバウム社に新集塵装置ベンチュリ・スクラバを発注して発生する酸化鉄フェームを回収する⁵⁾。とはいえ平炉、転炉からの赤い煙がバグフィルターを採用で解決したのは大分後になってからだった^{5) 18)}。

4.5 銅精錬と農業との相剋

さて我国の環境汚染問題解決過程で、技術的記憶に残るものに四国別子銅山の銅精錬排ガス問題があり、これは勃興する銅精錬業と農業との相剋の歴史を繰り返した点でも注目される¹⁹⁾。別子銅山は、元禄年間に開山され、

江戸期にも精錬排ガスは、植物被害を引き起した。明治に入り技術革新の波は、ここにも及び明治15年頃より、本拠地を新居浜に移して、洋式精錬法を採用し産銅量を増加させた。特に明治26年、別子山-新居浜間の専用鉄道が全通し、産銅量が増えると、同年9月新居浜等四村に銅精錬排ガスによると思われる水稻被害を生じ、農村代表の愛媛県庁への操業停止、移転実施を求めるデモが行われるにいたった。そして、精錬所と農民の折衝が持たれたが、翌明治27年の麦作被害で再び紛争を生み、県知事の斡旋も成功せず精錬所側は、新居浜の沖合約18kmにある瀬戸内海の無人島『四阪島』への移転を計画し明治38年、移転を終了する。しかるに、予想に反し四阪島での本格操業開始後から麦作、稲作に被害を生じ賠償金支払い、産銅量制限等を含む厳しい協定が結ばれる。

その後、昭和4~5年の新技術ベテルゼン式硫酸製造法²⁰⁾による精錬排ガスからの硫酸製造、昭和12年のアンモニアによる排ガス中和装置の稼働成功で、47年間にわたる深刻な相剋の歴史を閉じた^{18) 19)}。

4.6 我国の広域大気汚染

我国工業化の特徴は、海面埋立地を利用する輸送コスト上有利な臨海工業地帯形成で、その意味で海岸は我国の資源だとの考えもあり、これを可能にしたのも科学技術だった。埋立てによる工業用地造成で有名なのは、明治40年代に計画された前記浅野総一郎らの神奈川県鶴見、川崎臨海部埋立工事であり、これが京浜工業地帯の基礎となった^{21) 22)}。なお写真-2は、東日本旅客鉄道(JR東日本)京浜東北線新子安駅北東の丘の上にある京



写真-2 浅野総一郎翁銅像(筆者撮影)

浜工業地帯を望む浅野総一郎の銅像である。そして我国

は、第一次世界大戦時に近代工業をはほぼ完成し、四大工業地帯を形成する。なお、これらとその基礎になった地域は、石炭を主要エネルギーとして工業化したため、太平洋戦争以前での広域大気汚染問題提起の主要舞台になった。すなわち、比較的工業化が早かった阪神地域の中心大阪で、最初に煤煙問題が提起されたのは、明治16~17年頃といわれ、大阪府は取締まりの通達を出している。

さらに明治21年には旧市内における煙突を設備する工場建設が府令で禁止されている。その後大阪では、大阪府議会の知事への建議、府警察部の消煙装置設置命令、煤煙防止研究会の設立、市営九条発電所への煤煙防止予算、大正11年の大阪市衛生試験所による広域大気汚染調査の開始等があり、昭和7年煤煙防止規則を公布するにいたる¹⁸⁾。一方首都圏では、大正5年の程ヶ谷曹達工場による植物被害、大正7年横浜魚油の煤煙と悪臭、大正8年横浜市神奈川区守屋町埋立て地に立地した日本肥料の悪臭、大正6年から昭和5年におよぶ浅野セメントによる川崎でのダスト飛散に起因する紛争、大正11年の横浜化学、日本化学、日本人造肥料等に起因する有害ガス被害、東京電気による植物被害、昭和10年の東京府煤煙防止指導要綱の作成、昭和12年の神奈川県煤煙防止委員会規定の決定等が記録されている。そして、東京市衛生試験所は、昭和2年広域大気汚染調査を開始している¹⁸⁾。さて太平洋戦後の工業復興期、高度経済成長期等を通じ、全国的に工業化は進んだが、この維持には膨大なエネルギー供給を要し、これが比較的早くから広域大気汚染¹⁸⁾をもたらしたのは周知のとおりである。

なおこれを解決に向かわせたのは、大気汚染監視と予測技術、集塵装置、排ガス脱硫、重油脱硫、排ガス脱硝装置、自動車排気制御技術等に代表される科学技術だった⁵⁾。

4.7 大気汚染災害

広域大気汚染といえば、忘れ得ないものにロンドン事件等の健康被害をともなった大気汚染災害がある。

大気汚染災害で、記録に古いものに1930年12月1日に始ったミューズ渓谷事件がある。ミューズ渓谷はベルギー西部にあり、製鉄、ガス工場等が立地し、その日霧が濃厚だった。そして煤煙は次第に濃度を増し、人々は発病しはじめた。すなわち数千人が呼吸困難をきたし霧が続いた4日間に老人、子供を主とする63人が死亡した。

ドノラは、米国ペンシルバニア州モノンガヘラ川沿いの東西に岡を持つ渓谷に発達した工業地帯の中心で製鋼工場、ワイヤー工場、石炭工場、亜鉛工場等が操業して

いた。1948年10月26日、暗い朝を迎えたドノラ町民の多くは、まだ夜だろうと思っていた。二日後町民達は濃いスモッグが、町一帯を覆っていることを知ったが、これは10月31日まで続いた。工場排煙で太陽は輝きを失い、煤が厚く積もった街路には足跡が認められる程だった。

患者で混雑した医院は、咳や呼吸困難、喉の痛み、目の痛みを訴える人々を治療した。そして10月29日には17人が、大気汚染で死亡した。その後、強い雨でスモッグが洗われた10月31日までに20人が死亡し町民14,000人のうち約6,000人が発病した。さらに1950年メキシコ・シティの東側の人口15,000人の町ボザリカでも同様な事件が起き22人が死亡し、入院加療を要した人320人を教えた²³⁾。そして大気汚染災害史上最悪の事件が、この2年後1952年12月に発生する。1952年12月3日ロンドンでは北風が吹き、正午の気温は穏やかで氷点を越え、大気中湿度も高くなかった。しかし翌日、風向が変わり大気中湿度は増え、大気は安定化し長く低い平らな雲がロンドン上空を移動し始め、煙の臭いが空気中に漂った。それは、家庭や工場での石炭燃焼によるもので12月6日までに濃い霧が、空を覆い20から30フィート先は見えなくなった。航空機は離着陸不可能となり、自動車も走行不能となった。風は完全になくなり、外勤警官は鼻と口をマスクで覆わざるを得なかった。ストーブの火は大気中に有毒ガスを出し続け、目は涙に満ち、喉は焼け付くようだった。そして病院は満員となり、死亡者数が増え始めスモッグ期間中に、大気汚染が原因で約4,000人が死亡した。さらにこの後2ヵ月間に大気汚染による病気を患って8,000人以上が死亡するにいたった²³⁾。これが世界最大の大気汚染災害ロンドン事件の概要で死亡者の多くは老人、子供、呼吸器や循環器病患者だった。ロンドンの不幸はこれだけではなく、1956年1,000人、1962年400人の市民が大気汚染で死亡している。死亡をともなう大気汚染災害は、ニューヨークでも発生し1953年200人、1963年200人、1966年168人の死亡者を出している²³⁾。さてロンドン事件当時の常時測定結果によれば、ある地点での大気中浮遊煤塵と二酸化硫黄濃度の日平均値は通常の5~10倍になり最高値はそれぞれ4.5mg/m³、1.3ppmだった。そして、事件前後および事件中のロンドン市内12地点でのこれらの濃度測定結果の日平均値と、毎日の死亡者数変化は図-1に示すように強い平行関係にあり、われわれが原因と結果につき論ずるのに示唆を与えているが、濃度測定された特定の大気汚染物質が、死亡原因の必然的なものと想定することは出来ない⁷⁾。

ロンドン事件以後英国政府は真剣に大気汚染対策に当たり、1954年ビーバー報告が提出され、燃料改善を中心

とした大気汚染対策が進められ、大気汚染は改善に向かった。

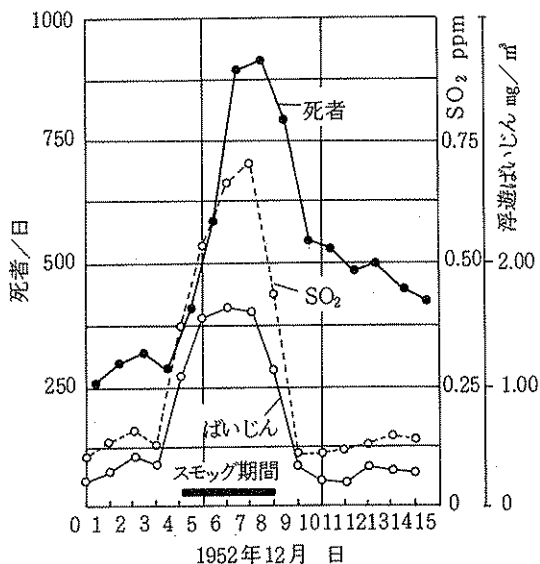


図-1 1952年のロンドン事件時の大気汚染物質濃度と死者の変化

4.8 シーソーゲーム

以上技術史を探り、科学技術の大規模工業化と環境汚染に関し例示したが、そこで指摘出来ることは、常に新しい科学技術が新環境汚染問題を生み、それを新しい科学技術が解決する方向に導いている傾向である。この意味で環境汚染は、これを生んだ新科学技術とこれを解決に向けた新科学技術とが不均衡状況にあるため発生したともいえる²⁴⁾。そして科学技術のこのような二重の『両刃の剣』ともいえる性格を、事実として肯定せねばならないように思うものの、容易に是認し難いように考えられる。さらに、技術史をこのような目で考察すると、科学技術による環境汚染の提起と解決という『シーソーゲーム』とも『いたちごっこ』ともいえる状況を人類は繰り返してきた²⁴⁾ことになり、これをどう考えるか、どのようにこの絆を切るアプローチを開始するか考察すべきで、これこそ環境科学、環境工学に求められる責務のようにも思える。そしてこれには科学技術や工学の本質に関する検討を要し、これを行う具体的課題を必要としよう。

5. 環境汚染を考慮した科学技術の本質の考察

技術史が物語る科学技術の『両刃の剣』の性格中、我

国大気汚染改善に直接役割を果たしたのは、前述のように集塵装置、重油脱硫技術等汚染物質回収を中心としたものだった。とはいえこれらの稼働は、必然的にエネルギー供給を強い、回収汚染物質の環境安全性付与の課題がともなうのは紛れもなく、永久継続は前述の『シーソーゲーム』、『いちごっこ』の是認と思われる。それではこれら採用が誤りだったかといえれば決してそうではなく、採用しなかったら人の健康被害さえともなう状況は回避不能で、当然採用し危機回避を遂げるべきだった。

しかし環境汚染が改善に向かいつつある現在、何時までもこれらに頼るのは問題と思うのである²⁴⁾。

環境汚染は、過度な重工業化、人口集中、エネルギー石油依存率上昇、交通手段の自動車への過度依存等物質の重積と物事の偏りで発生する。そこで回収技術の不用意な過度採用は、物質の重積を招き、物事の偏りを是正していない点で、これにともなう新たな環境汚染の必然的提起を想定せねばならない。『シーソーゲーム』、『いちごっこ』との絆の切断を果していないことも念頭に置かねばなるまい。このように考えると我々は、現在の文明を支える科学技術を本質的に考察する価値があるように思えてならない。

さて18世紀の産業革命は、科学技術の輝かしい成果を人々に見せ、人々は科学はなんでも可能にしていくものと信じてしまったようである。強いといえれば、科学技術に支えられた現実と摩術やメルヘンの世界と見分けがつかなくなっているかのようである²⁴⁾。東海大学武田修三郎教授は、著書『答えのない時代にどう生きるか²⁵⁾』の中で、古代ギリシャに生きたピュタゴラスやアリストテレスらは、科学者であると同時に哲学者であり、偉大な政治家だったといい、彼らは自然の摂理を探り、人の道を説いたといっている。しかし武田²⁵⁾は、近代にいたり科学者は、人類に繁栄をもたらしたとはいえ、哲学者だった面からは完全に撤退し、豊かさを支える便利屋になったといい、この主客転倒の原因をもたらしたのはニュートンだと主張するのである。

いうなれば『万有引力の法則』から発した方程式によれば、星の動きさえの中する。武田²⁵⁾によれば『それは全くふるいつきたくなくなるような魅力的な理論だった。』のである。そこで『科学者はもう摂理を説く必要はない、摂理の中で人間を豊かにする部分さえ探してくればよくなったのだ』ということになり、摂理を探る科学は終止符を打ったのである²⁵⁾。要するにニュートンは古典力学を発展させ、物事を人間の感覚に納得させた。彼の理論は正確でこれによればなんでもわからぬものはないと人々は思うようになった。これは一義的に物事を説明した人間的スケールの常識を扱ったともいわれる²⁶⁾

ニュートン科学の勝利だった。そこで武田²⁵⁾がいうように『それまでの神と人間の立場が逆転した。』そして科学万能の時代、科学で解決出来ないものではなく、解決出来ないのは科学者の怠慢によるものだという途方もない考えさえ生まれかねない状況を生むにいたった²⁴⁾。

このような科学者が自然の摂理を説く立場から撤退した現実を是認すれば、大阪大学石谷清幹教授²⁷⁾の言葉のように、科学技術は手段であるが故に、その用い方に相応な配慮が必要と思われ、この配慮には科学者の自主性は強調されるべきと思うのである。また筆者は、環境問題を考えればこれは一定の均衡の下に成立しているものだから、前述した科学技術の『両刃の剣』の性格を理解し、その用い方にバランス維持は必要と考えている。

さてこのことは、かつてのニュートン科学への理解、いいかえれば一義的ともいえる物事の解釈の否定と武田の主張する『不可能則²⁵⁾』の是認かも知れない。これに関して筆者は、容易に結論し難いが少なくとも科学技術的行動には必ず代償が要求され、それ故に人類は自然の摂理を知り、これへの謙虚さを必要とすることを科学技術の本質は、教えていることを主張したいと考えている²⁴⁾。

6. 科学技術、環境汚染と技術者

日本機械学会は、機械工学に関する学術団体で社会的にも大きな影響力を持つが、この学術団体が機械工学の本質を探るべく『技術のこころ²⁸⁾』を世に問うている。これには教えられることが多く、中でも第1分冊の冒頭の大府立大学楠井 健助教授²⁸⁾による『江戸時代に培われた技術のポテンシャル』と題する論文は、明治4年11月横浜を出発し1年10ヶ月にわたり欧米諸国を視察した岩倉具視以下政府視察団記録『特命全權大使米欧回覽実記²⁹⁾』を引用しつつ、当時の日本人の技術的ポテンシャルすなわち新技術を受け入れ、創造する潜在的能力の高さを紹介し、これこそ当時我国に導入された欧米先進技術を、日本人が自己のものにした原因だといっている。すなわち彼らの技術的ポテンシャルが、人材の面で高かったと強調し、この人材育成の背景に江戸時代の高い庶民教育、技術専門書翻訳刊行等が存在すると述べている。このように科学的技術の発展には、人すなわち技術者育成が不可欠で、これにはその時代の技術教育と学術団体の健全な発展は大きな意義を持っており、重視すべきと思われる。例えば、前述のトーマス転炉は、英国に開設された夜間技術学校⁴⁾に学んだトーマスの熱意が完成したもので、さらに彼は英国鉄鋼協会の1878年秋季総会における講演でトーマス転炉実用化の道を拓いた¹⁵⁾。

さて環境問題克服を課題とする環境工学の完成には、これを専門分野の枠を越えた総合的学術として認識する必要があるように考えられるが、過去にこのような境界領域での学術完成を果たしたものに化学工学がある。

化学工学は1930年代に米国マサチューセッツ工科大学ルイス教授に代表される諸教授によりほぼ完成され、我国に導入されてこの発展と教育の充実が、我国化学工業の隆盛を招いた^{30) 31) 32)}。筆者は、化学工学の発展を境界領域における工学の発展と教育の充実例と思うと、困難は予測されるものの環境工学の完成は十分可能で、環境保全を目指す者に励ましを与えるものと考えている³³⁾。ただ例えば、我国化学工学の基礎になった米国の状況を考えると、米国化学工学協会の会員道徳規範ともいわれる全12条のコード^{31) 34)}のうち第8条に、社会福祉問題が明記されているが、環境問題に代表される工場立地地域問題に関する具体的明記はないことが、注目される。そして従来から提起されてきた環境汚染問題の発生過程を考えると、あるいは新しい学術体系の完成、技術者育成の充実には、総合性強調とともに価値観の相違を考慮せねばならないようにも考えており³⁵⁾、この点冒頭に述べた技術者の人倫とともに相当の討議を必要としよう。

7. 環境科学、環境工学形成の道程

従来の環境汚染対策は、その原因の一つといえる科学技術に内在する『両刃の剣』に起因する前述の『シーソーゲーム』、『いたちごっこ』との絆切断にいたらず、環境危機回避の一手段だった。そしてこの絆切断こそ環境科学、特に環境工学の責務だろう。さて昭和52年、我国に輸入された原油は、約2億5,000万ton程度だが、平均1.5%程度の原油中硫黄の含有を仮定すれば、約370万ton程度の硫黄が原油とともに我国に持ち込まれたことになる。一方この年の硫黄酸化物の大気中総排出量は、硫黄として80万ton程度でその他は回収されて手元にあるべき筈とはいえ、130万ton程度が石膏として環境安全性を付与されたものの、残りの実態は不明のように思われ、毎年この状況を継続すれば将来環境汚染の原因にならない保証は存在しない。この点、現在の我国排ガス脱硫技術の主流石灰-石膏法は、我国に豊富な石灰を用い、石膏として装置内で硫黄を安定化し利用可能としているため、資源的にも環境的にも優れたものであろう⁵⁾。要するに我国の環境汚染対策は、危機克服を優先に進められ、エネルギーを含めた資源論に欠ける部分があることは留意すべきだろう。無論この石灰-石膏法ばかりでなく、転炉集塵、セメント集塵、フライアッシュ集

塵のように回収ダストを原料とし、自動車排気対策のように優れたものも多いが、回収汚染物質を環境から隔離するその環境安全性の付与と利用は、今後真剣に考慮すべきだろうと思われる。さて、汽力発電所の熱効率は、タービン翼材質の飛躍的向上がないかぎり、40%程度でこれ以上の熱効率上昇は望めない。とはいえ、これを熱併給化すれば総合熱効率向上を図ることが可能となり、さらに地域に立地する煙源数をも縮小出来る。そして塩素系有機溶剤による環境汚染は、アルカリ工業と無縁ではないという指摘もあり、対策に総合性が望まれる^{5) 33)}。例えば、石油化学工業に供給される原料ガスに含まれる不純物炭化水素系物質による大気汚染防止のため、未反応のままリアクターから排出されるこの成分を燃焼し、余熱を隣接工場に蒸気として供給したり、食糧油抽出工場で用いられる有機溶剤に起因する悪臭を、その工場のボイラーの燃焼空気に導入して解決した例もある。実際に行われた例は知らないが、大規模塗装工場から排出される有機溶剤蒸気を含む排ガスも大形燃焼施設の燃焼空気に用いれば、この排出を防止可能だし、エネルギー回収も図れる。稼働中の大形火力発電所排ガス中の炭化水素系物質濃度は著しく低い。さらに、工場廃熱³⁶⁾、廃棄物利用^{30) 37)}等種々の合理化が存在するだろうが、要は工場立地をこのようなことを考慮して検討する必要がある。製鉄用高炉スラグ利用のため、高炉付近にセメント工場を立地させ、高炉セメントを生産した先人の知恵も学ぶべきだろう。なお高炉セメントとは、スラグを水淬してセメントクリンカーと等量ずつ混合して作る初期硬度は低い、優秀なセメントである。このように領域の異なる産業の組み合わせで、資源浪費にともなう環境汚染は防止することが可能な例がある^{5) 33)}。環境汚染問題は、資源浪費によって発生する。そこで生産技術は、必然的に資源制約をとともなうものであるから、例えば前述した徳久寛教授が述べた天然資源にバランスした科学技術開発の実施は重視すべきであり今後検討せねばならないだろう。さて筆者^{5) 38) 39)}は、環境庁大気保全局が試算した都道府県別の固定発生源からの窒素酸化物発生量と総理府統計局が発表した都道府県別工業出荷額の関係を検討して、図-2を得て工業構造の相違により窒素酸化物発生量が著しく相違すると報告したことがある。

なお図-2においてAは、紙パルプ製造、化学工業、石油石炭製品、窯業・土石業、鉄鋼、非鉄金属業の合計出荷額の全工業出荷額に占める百分率で、これを都道府県別に求めて都道府県を3群に分類し、それぞれ帰属線を求めてあり、エネルギー消費量の大きいこれら産業の立地規模が著しい地域において工業出荷額あたりの窒素

酸化物の地域的排出量が大きいことを物語っている。このような傾向は、同様資料から得た、図-3に示す産業

別の窒素酸化物発生量と工業出荷額との関係からも容易に理解出来たが、他の汚染物質についてもこのようなことを試みて産業構造による環境汚染物質の地域的排出総量の相違につき検討すべきだろう。以上工業活動や資源・エネルギー等に力点を置き、環境汚染対策に関し記述したが、要は汚染原因と汚染物質発生量低下につき総合的に考察し、これを基本的に合理化することで、これが環境科学、環境工学構築の道程の一つのように考え、科学技術の転機にあたりその実現を期待している。とはいえ、技術史が教えるように、従来の生産を主とする科学技術は、貴重な長い積み重ねを経て構築されたものだけに、これら新しい学術の構築には、長い道程を必要とするものと考えられる。なお本報は、平成4年1月21日に行われる日本学術会議主催環境工学連合講演会における筆者の講演の予講論文に加筆したものである。

引用文献

- 1) 三枝博音；技術の哲学，p.292，岩波書店（1972）
- 2) 朝日新聞No.37088，14，April，30（1989）
- 3) 小倉勝男；航空原動機，pp.4-5，共立出版（1973）
- 4) 本多修郎，鈴木高明；技術学概論，朝倉書店（1974）
- 5) 氷見康二；石膏と石灰，No.221，217-225（1989）
- 6) A. R. Meetham；Atmospheric Pollution, its Origins and Prevention, Pergamon Press（1956）
- 7) M. W. Thring；Air Pollution, Butterworths Scientific Publication（1957）
- 8) 鎌谷親善，藤井清久，藤田千枝共訳；アィド，現代化学史2，みすず書房（1979）
- 9) 加藤邦興；化学の技術史，オーム社（1980）
- 10) 大場英樹；環境問題と世界史，公害対策同友会（1979）
- 11) D. Reilly；J. of Chem. Education，28，650-653（1951）
- 12) P. L. Magil, F. R. Holden, C. Ackley；Air Pollution Handbook, McGraw-Hill Book Company（1956）
- 13) 日本セメント株式会社；日本セメント株式会社・80年の歩み（1883~1963）（1963）
- 14) H. J. White；J. of Air Pollution Contr. Assoc.，27，680-681（1977）
- 15) 中沢護人；鉄のメルヘン，アグネ（1978）
- 16) 飯田賢一；日本人と鉄，有斐閣（1982）
- 17) 日本鋼管株式会社60年史編纂委員会；日本鋼管株式会社60年史，日本鋼管株式会社（1972）

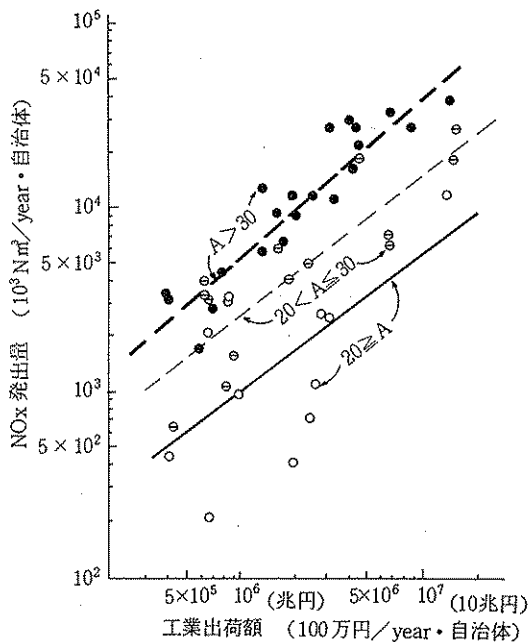


図-2 都道府県別NOx発出量と出荷額 (昭和52年)

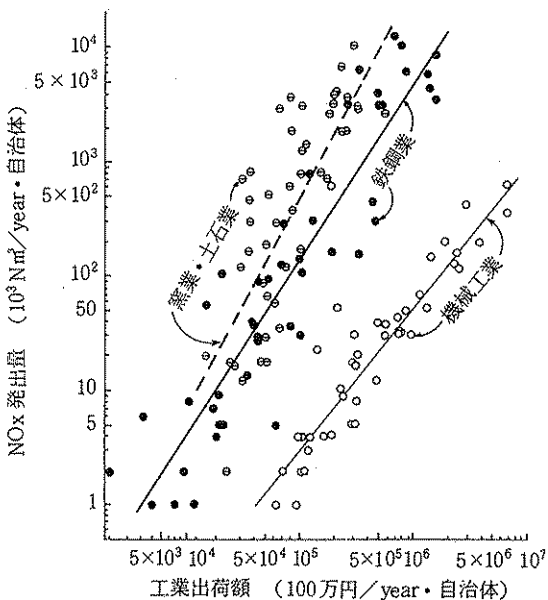


図-3 都道府県別，工業種類別NOx発出量と出荷額 (昭和52年)

- 18) 氷見康二, 八巻直臣, 鈴木武夫; 大気汚染学会誌, 24, 319-338 (1989)
- 19) 浅川照彦; 産業環境工学, No. 30, 25-31, No. 31, 23-29, No. 32, 40-47, No. 34, 31-39 (1964)
- 20) 庄司 務; 酸・アルカリ及肥料, 産業図書株式会社 (1948)
- 21) 根本 茂; 私のみてきた京浜工業地帯-浅野総一郎と埋立事業-, 京浜工業地帯, 神奈川県立川崎図書館 (1961)
- 22) 小林義雄; わが国における京浜工業地帯の地位, 京浜工業地帯, 神奈川県立川崎図書館 (1961)
- 23) T. G. Aylesworth; The Air We Breath, The Water We Drink, Yohan Publication, Inc. (1975)
- 24) 氷見康二; 全国公害研究会誌, 9, (1)4-11 (1984)
- 25) 武田修三郎; 答えない時代をどう生きるか, ごま書房 (1980)
- 26) 湯川秀樹, 梅棹忠夫; 人間にとって科学とはなにか, 中央公論社 (1988)
- 27) 石谷清幹; 工学概論, コロナ社 (1972)
- 28) 日本機械学会編; 技術のこころ, I, II, 丸善 (1984)
- 29) 久米邦武 (田中 彰校注); 特命全権大使米欧回覧実記 (1~5) 岩波書店 (1985)
- 30) 内田俊一, 亀井三郎, 八田四郎次; 化学工学, 丸善 (1951)
- 31) 内田俊一; エンジニアの道, 工業調査会 (1980)
- 32) 化学工学協会編; 化学工学を拓いた人達, 丸善 (1987)
- 33) 氷見康二; 全国公害研究会誌, 11, (3)109-123 (1986)
- 34) J. H. Perry; Chemical Engineer's Handbook, Third Edition, McGraw-Hill Book Company (1950)
- 35) 日本熱エネルギー技術協会; 特定地域熱総合利用計画策定調査報告書 (1976)
- 36) 安田憲二; 産業公害, 17, 976-982 (1981)
- 37) 安田憲二; エネルギー・資源, 4, 523-527 (1983)
- 38) 氷見康二; 環境技術, 13, 209-210 (1984)
- 39) 氷見康二; 大気汚染学会誌, 21, 465-485 (1986)

Technology and Environmental Pollution, -Looking back the development of technology and expecting to its turning point-

In this paper, the author described that since industrial revolution, the industrialization in human society adopting the technology was the essential of today's civilization and high level human life, but many environmental pollution problems were brought.

So, we have to judge that the technology has the characters like the double edged sword for human society. Furthermore, we can know the existence of the technology used for the improvement of the environmental pollution such as the desulfurization technique and the dust collector.

Then, we can find the second double edged sword in the characters of technology. The author showed the examples of such two double edged sword in the technology, looking back the technical history since the industrial revolution. From these consideration, we can find the existence of the seesaw games about the occurrence and the improvement of the environmental pollution problems played through the industrialization. Therefore, in this paper the author insisted to create the environmental science and engineering in order to strike out this seesaw game and the character like double edged sword in the technology.