

## 第3章

# 公害防止技術開発と産業組織

「日本の経験」にみる環境規制と産業技術のダイナミックプロセス

藤井美文

### はじめに

本章での課題は、1960年代における日本の公害問題への対応をとくに政策と技術開発を中心に観察し、アジア諸国に対してこれを「日本の経験」として一般化できるか否かを検討することにある。ここで観察する二つの汚染物質、亜硫酸ガス（排出段階では二酸化硫黄が汚染因子となる）と窒素酸化物は当時最も深刻な大気汚染をもたらし、規制的対応と技術開発の相互の「かけひき」ともいえる、実現可能性をめぐる逐次的な政策過程が短期間に大きな成果を上げた領域である。とくに窒素酸化物の対策は、技術的対応が世界でも最も厳しい対策を可能にする役割を果たし、しかも1960年代末から1970年代初めにかけての環境規制への技術的対応が、期せずして直後（1973年）に生じた石油危機をもたらした省エネルギー技術の競争優位とシンクロナイズしたことで、基礎素材などのエネルギー多消費産業や自動車をはじめとする機械産業の国際競争力を高めるというダイナミックな過程を創りだした。

本章では、まず第1節から第3節において硫黄酸化物と窒素酸化物における政策と技術開発の関係を概観するとともに、第4節では主に経済学の産業組織論的視点から窒素酸化物における技術開発過程を観察する。ここでは、

「なぜ汚染防止を目指した技術開発競争が生まれたのか」あるいは「技術開発を促進するのは規制的手段なのか経済的手段なのか」という問題に対し、過去の議論をレビューするなかで、技術的課題の達成によって生まれる規制市場というインセンティブ政策の存在と、これに対応した国内エンジニアリング企業群の相互関係の重要性を強調する。

さらに、第5節では、この過程がもたらしたその後の日本の環境政策への影響についても言及したい。環境対策が産業競争力を高めることに結びついた1980年代は、「空白の10年」ともいわれるほど環境対策が停滞した時期でもあった。この間、欧米の環境対策は技術システムのみならず社会システム面での対応も含めて大きく変化し、1980年代後半には日本と比較してもより広範で、包括的な環境対策が進められた。この意味では、短期間に成果を生んだ、官による直接規制と技術開発を軸とした政策の「有効性」はその後の「非分権的意思決定にもとづく産業化」<sup>(1)</sup>を固定化させ、その後の市場を通じた解決や合意形成のための環境コミュニケーションなどを必要とする、よりいっそう複雑な環境問題に対処する契機を失ったのではないかという点を指摘する。

最後に、第6節では単に「成功した日本の経験」のノウハウのみならず、その後の影響をも踏まえて、後発国への政策的インプリケーションを考えてみたい。

## 第1節 「日本の経験」と技術開発

経済成長と環境保護がトレード・オフ（二律背反）の関係にあるか否かをめぐる議論は石油危機時以降数多くなされてきた。ブルントラント・レポートで脚光をあびることとなる「持続的成長」をめぐる経済学での論争においては、とくに自然資源に手を加えることの是非を焦点に論争が行われてきた。「将来にわたる消費水準は、その社会が枯渇性資源からのレント（資源価格と

採掘費の差)をすべて再生可能な資本に再投資することで一定にできる」とするソロー・ハートウィック(Harris[2001])の“weak sustainability”をめぐる、自然資本と人工資本の関係は、このモデルで前提とされるような代替関係(新しい機械装置が自然資源節約的に開発される)ではなく補完的關係ですらありうるので、自然資源の保全こそが持続的成長の条件である(strong sustainability)とする論争である。後者の立場からCostanza and Daly [1992]は、自然資本の維持に対応した経済規模の上限の設定、(資源・エネルギーなどの)技術進歩の効率増大の促進、再生資源の利用(harvesting)速度が再生速度を超えないこと、(汚染物質などの)廃棄量が環境の再生同化能力を超えないこと、非再生資源は再生の代替物を作り出すのと等しい速度で減耗(利用)されねばならない、といった持続的成長の原則を提案する。

さて、現代社会においてstrong sustainableな世界を短期間ながら実現した例がある。それは、石油危機(1973年)後の約10年の期間、世界の先進国が低いながらも一定の経済成長を維持しながら、エネルギー消費の水準を増大させず、同時に環境汚染に対しても一定程度の歯止めをかけることができた歴史である。ここでは技術が環境資源を節約しながら経済成長のダイナミックなプロセスを連続的に作り上げる中心的役割を担った。このプロセスはとくに自動車の排ガス技術や大型燃焼システムの環境改善(たとえば低酸素燃焼技術や低NO<sub>x</sub>バーナーなど)が、そのまま省エネ技術に結びつくことで達成されたものである。なかでも日本のエネルギー生産性の上昇とその結果としての環境負荷の低減は特筆すべきものであり、OECDから「日本の経験」(OECD [1977])としてレビューされるほどの成功事例であった。報告では、日本の環境政策の特徴が、当時の世論を背景に「経済との調和条項」を外した排出規制の段階的強化、特定汚染への集中的な規制、環境規制の実施と各種大気汚染技術開発促進の好循環の導出、などにあったとし、全体として「非経済的なアプローチ」であったとまとめている。これは政策が、企業への排出量を段階的に削減するといった直接規制を軸に、汚染者負担の原則(polluter pays principle)ではなく、汚染者罰則の原則(punish polluters principle)と皮

肉るほど反企業の色彩の強いものであったことを根拠にしている。

さて、このような規制的な措置がなぜ世界的にみても高い評価を得るような環境改善に結びついたのかを概観してみよう。紙幅の制約から以下では規制と技術開発過程の関係に限定して概観する。

## 第2節 硫黄酸化物対策と技術開発

硫黄酸化物対策と窒素酸化物対策は日本ではほぼ6,7年のタイムラグがある。日本における硫黄酸化物規制の最も重要な契機となった横浜市の電源開発の石炭火力新設をめぐる公害防止協定は1964年であるが、この時点で石炭火力の排煙脱硫技術のレビューを行った横浜市の結論は、「石炭の脱硫は難しい」<sup>(2)</sup>というものであり、結局は硫黄分の少ない国内炭の利用という燃料対策が実施された。この時代は、1955年ごろから石炭から石油へのエネルギー転換が劇的に進み、すでに石油が主要な一次供給源となった時代であり、排出ガスとしては最もダーティーな石炭火力が都心区域に新設された例外的なケースであった（技術的にも石炭の排煙脱硫は最も難しかった）。そこで国レベルでの政策としては、環境基準達成のための「K値規制」<sup>(3)</sup>と呼ばれる地域別の濃度規制方式が採用され、暫時厳しい目標達成を実現する政策がとられた。技術的には、重油脱硫と石油燃焼を前提とした排煙脱硫および燃料転換の三つが模索された。また研究開発として、1966年からの通産省工業技術院の「大型プロジェクト」と呼ばれる計画に排煙脱硫装置が含まれ、硫黄分除去のためのエネルギー消費の少ない「乾式法」といわれる二つの方式を、特定の企業への補助事業として開発することとなった（後にこの方式はいずれも商用化されず）。一方重油脱硫は、排煙脱硫に先行して1967年には第1号機が稼働することになるが、これは信頼性の問題などを除けば技術的見通しが立っていたためであった。1969年以降重油中の平均S（硫黄）分を暫時低減させる目標が定められ、石油業界はこれにしたがって設備導入を計画した。

山口<sup>(4)</sup>によると、石油審議会でのS分の削減にかかる当初の答申では、閣議決定した目標を達成できず、中断を経て、再度電力や石油のユーザーをも加えた総合エネルギー調査会の低硫黄化部会に場を移して1978年度までの計画が出来上がるといったように、削減計画も大きな軋轢があったようである。そして、燃料転換は公害防止協定以降最も即効性のある手段として始まった。横浜に続いて品川区大井の東京電力が1968年に防止協定を結ぶが、ここでは、ミナス原油と呼ばれる超低硫黄の使用が約束された<sup>(5)</sup>。電力の硫黄対策は、電力会社によって方針が異なり、東電のミナス原油の生炊きに対して、関電はナフサ燃焼、そして中部電力は当時最も技術的にリスクの大きかった排煙脱硫を最初に採用することとなる。その後の大規模汚染源の対策として主流となる排煙脱硫技術開発を、なぜ中部電力が意思決定したかという背景には、四日市の裁判およびその結果としての総量規制の導入が影響を与えていたようである<sup>(6)</sup>。公益企業としての電力が開発のリスクを負い、またいち早く設備の導入を始めたことは、世界に先駆けて排煙脱硫装置の導入を定着させた重要な契機になっている。結果として、電力での対策は低硫黄重油（重油脱硫装置による）の採用、燃料転換（ミナス原油の生炊きや化学原料としてのナフサの燃焼）、そして排煙脱硫の採用という順で進んだ。

硫黄酸化物の対策は、目標とする濃度が決まり、対策メニューがセットされれば削減計画自体は比較的シンプルに作成できる。まず硫黄分の多く含まれる重油（A、B重油）を脱硫して、この低硫黄重油（LS重油）を中小の燃焼装置で用いるとともに、C重油と呼ばれる硫黄を含む不純物の多く含まれる重油を排煙脱硫付きの大型燃焼装置で脱硫する。そして一部では超低硫黄の燃料を大規模燃焼装置が利用する、などというものであった。地域別、燃焼規模別の化石燃料供給量から割り出された総硫黄分から、削減目標に応じた割り当てを年度展開するという手順で計画が組まれた。硫黄酸化物の濃度が、エネルギー種別の硫黄分含有量と排ガスの拡散（煙突の高さ）でほぼ決まり、また自動車からの影響が工場からのそれに比して無視できたため、政策当局としては削減硫黄分の固定発生源別の強制割り当て（rationing）を行うとい

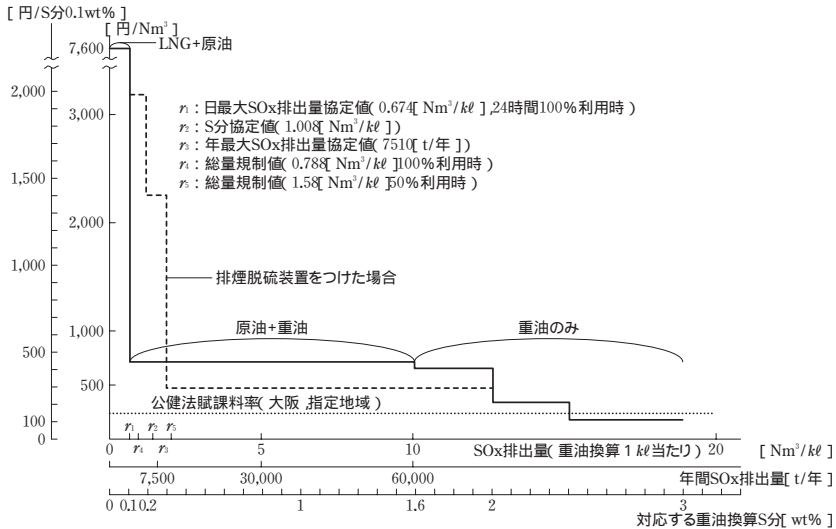
うきわめて規制的政策をとることとなった（窒素酸化物では、燃焼装置別の特  
性や自動車からの影響を考慮せねばならずもう少し複雑である）。政策は当初はK  
値による規制により進められ、段階的に強化されたが、四日市での裁判以  
降、三重県が1971年に硫黄酸化物の総量規制条例を適用したのを契機に、国  
も大気汚染防止法改正で全国の汚染激化地区に総量規制を採用した。また、  
1965年に四日市で発足した公害患者の医療費負担制度は、その後1974年には  
国の「公害健康被害補償法」（公健法）として生活補償の救済制度として実  
現したが、これは実質的なSOx課徴金の適用であった。これらの排出量削減  
のいっそうの低減と排出課徴金は、その後の排煙脱硫装置の導入を加速する  
重要な役割を担った。

以上のように、横浜市や東京都の公害防止協定や四日市裁判での疫学調査  
に基づいた汚染の因果関係の認知が、その後の規制強化と重油脱硫、排煙脱  
硫というエンド・オブ・パイプ型技術の組み合わせによって硫黄酸化物濃度  
の劇的な改善をもたらした。

しかし、同時に対策費用という側面からみれば、この時期の対策の成功が、  
そのまま柔軟性に欠ける対策を固定し、相当に歪んだ費用構造を残したとい  
うことも指摘できる。公害防止協定に即した対策費用がいかに高いもので  
あったかを示したのが図1である。松野<sup>(7)</sup>は、1975年時点での堺火力発電所  
の硫黄酸化物対策の限界削減費用を推計しているが、図中 $r_2$ で示される公害  
防止協定に基づく排出量のもとの対策費用はきわめて高く、公害健康補償  
法に基づく大阪市の賦課料率をはるかに上回っていることがわかる。このこ  
とは同時に、初期段階では問題解決にきわめて有効に作用した規制の措置が、  
その後のエネルギー価格、燃料価格などの変化によって費用的には大きくゆ  
がんだ形で残り、企業の裁量に基づくより効率的で弾力的な対応を阻害する  
ものになっていることをもうかがわせる。

技術の実現可能性と政策の相互の関係については、硫黄酸化物では経済性  
をも考慮に入れた技術的見通しがたてられる条件が比較的あったため、規制  
と技術的可能性の模索にかかる逐次的なやりとりは後述するNOxに比べれ

図1 排煙脱硫の限界費用



(原注) r<sub>4</sub>, r<sub>5</sub>の総量規制値はこの時点では未導入。1時間当たりの燃料使用量が定格値に比べ、少なければ、単位燃料当たりのSO<sub>x</sub>量の規制値は緩くなる。1975年度の年利用率は48.7%であった。

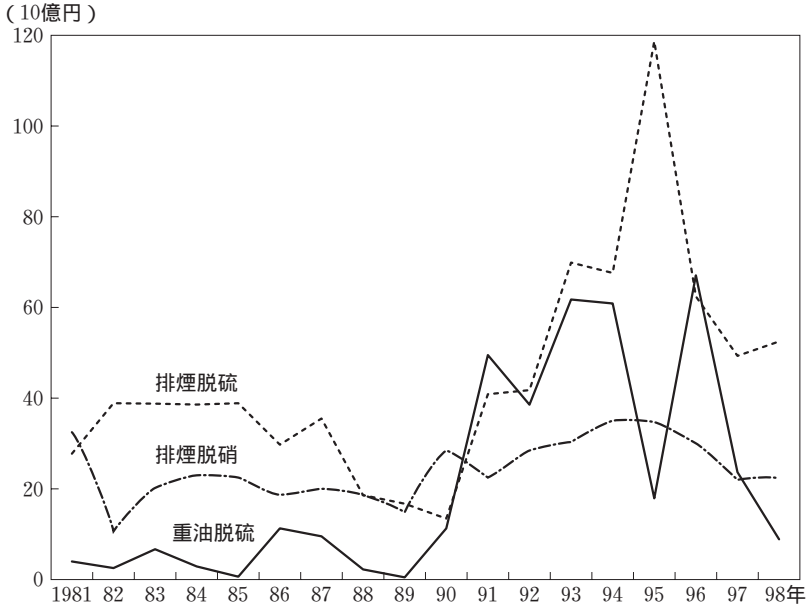
(出所) 松野・植田 [1997: 92, 図4.5]。

ば多くはなかったように見える。重油脱硫装置はすでにアメリカなどでの商用化実績があり、直接脱硫か間接脱硫かという方式選択が焦点であった。先行した直接脱硫の第1号はすでに1967年には稼働した。技術的に最も困難であった排煙脱硫についても、脱硫技術の歴史は古く、すでに1850年代には硫酸製造技術として提案され、煙道からガス処理としても1930年代にはイギリスのテムズ川で湿式処理が行われている<sup>(8)</sup>。また、戦後アメリカ、ドイツなどでの研究開発によって日本で1960年代に開発が始まった時点においても、技術方式メニューはほぼ揃っており、方式間での優劣性、大型化による信頼性、コストなどがテーマであったといえる。日本では研究着手後5年目には最初の実用装置が導入され、その後10年目にはすでに市場での飽和傾向がみられる。公害防止技術開発は、一般に、費用と技術仕様の大枠での了解のもの

とに、既存技術情報に基づく方向性の決定→研究着手・市場への参入→技術方式の拡散（技術方式競争）→方式の収斂（実用化技術の特定化）→大型化や信頼性などの実用化競争、といった過程をたどるが、排煙脱硫技術では「乾式か湿式か」（費用的には乾式が有利だが、高い脱硫率を実現できなかった）がまず争点となり、ついで優位性の高い湿式ではどの方式が最も経済性が高いか、が焦点となった。結局、湿式の石灰石膏法に収斂することになったが、これが明確になるのは1963年に初めて排煙脱硫技術の研究が着手されて約9年目、最初の実用装置の稼働後4年目あたりであった。

排煙脱硫技術にはきわめて多くの企業が参入したが、これらの開発各社はK値規制の段階的スケジュールをもとに、重油脱硫での削減量や規模別の燃焼装置数をみればほぼ市場規模<sup>9)</sup>（図2）を推計できたはずであり、開発競争はだれがより早く実用化するかという序列間競争（rank-order competition）

図2 脱硫、脱硝装置の市場規模



(出所) 日本産業機械工業会「環境装置受注状況」をもとに筆者作成。



の様相を示していたといえる。排煙脱硫は、1970年代の石油ショックによる低硫黄燃料の高騰で相対的な優位性を確保する（ヴァイトナー [1998: 134]）とともに、1980年代にも規制強化があったことから引き続き大きな市場規模を維持することとなった。

ヴァイトナーらは、排煙脱硫装置の開発とその導入によって日本が国際競争力を失うこともなく短期間にきわめて大きな硫黄酸化物の削減に成功を取めたことが、その後のドイツの環境政策の発展を加速させることにもなったことをあげている（ヴァイトナー [1998: 134]，メッツ [1998: 171-172]）。

### 第3節 窒素酸化物対策と技術開発

#### 1. 日本に先立つアメリカでの窒素酸化物対策

窒素酸化物の規制と技術開発の過程はきわめて興味あるものである。それは日本の窒素酸化物対策が、当初硫黄酸化物よりも困難だと考えられたにもかかわらず、日本に先立って社会問題となっていたアメリカと比較してもきわめて短期間に目標を達成してしまったからである。

硫黄酸化物と異なり、窒素酸化物は発生メカニズムもその影響経路も複雑である。窒素酸化物は燃料中の窒素分（N分）に加えて、空気中の窒素 $N_2$ と酸素が燃焼時の高温で反応を起こして生じるため燃焼温度が問題となる。そこで固定発生源（工場，事業所）に加えて移動発生源（自動車）が加わる。また影響も、窒素酸化物自体が化学毒性をもつほか、光化学反応を通じて光化学オキシダントの原因物質を形成する（硫黄酸化物も影響を有するが影響は小さい）。光化学スモッグは1943年ごろにアメリカのロサンゼルスで影響がはじめ、同郡が大気汚染防止の法案を施行したが、同法は市には効力がなく、郡全域に効力をもつ対策が必要となった。1947年に郡管理委員会はカリフォルニア州議会に、郡管理委員会が認めれば大気汚染防止区を設立できるとい

う法案を提出し、可決された。こうして窒素酸化物対策で大きな役割を果たした同郡のAir Pollution Control District (APCD) が設立されることとなった(藤井・小泉 [1978: 43-60])。連邦政府が直接対策に乗り出すまでにAPCDで主導された対策は、排出と影響メカニズム、自動車や固定燃焼装置の防止技術開発、など広範なものであり、これが現在の窒素酸化物対策のほぼ原型を作り上げている。大都市を含むとはいえ、ひとつの郡が因果関係から対策技術の研究開発までを手がけるとするのは驚きである。1967年以降は連邦政府が直接技術開発に乗り出すことになり、大規模な調査あるいは研究開発が実施され、EPA設立前年の1969年の時点で連邦政府委託レポート(Bartok[1969])にはきわめて詳細な排煙脱硝技術や自動車NOx技術に関する情報が示されている(この報告書が日本の開発時点で大いに参考にされた)。そして、1970年にはE・マスキー上院議員が、排出量をそれまでの10分の1にするというきわめてドラスチックな自動車排ガス(NOx)の規制法案(マスキー法案)を提出することになる。

さて、日本では1970年の杉並区の立正高校の女子生徒41人がグラウンドで運動中に原因不明の症状に襲われたのを契機に、にわかに社会問題となった。自治体、国の対応もきわめて速く、すでに同年には東京都が原因を「光化学スモッグ」と特定するとともに発生源の排出データなどの調査が始められた。同年には国も測定、メカニズム解明、対応技術などの対策に着手するとともに1972年までには環境基準を定めるものとした。

## 2. 日本の窒素酸化物対策技術開発

さて、技術開発に関しても、対策あるいは規制の動きに連動して、立正高校事件の翌年(1971年)あたりから企業において開発を進めるという意思決定が行われている。窒素酸化物の排出削減においては、固定発生源では燃料転換、バーナーや燃焼制御などの比較的安価な対策、そして排煙脱硝装置導入といった対策手段が検討され、移動発生源ではエンジンでの燃焼コント

表1 排煙脱硝技術の方式別参入時期と開発リードタイム

技術方式	開発決定時期	着手からベンチ(実験)スケールまでの開発時間(企業数)	ベンチ・スケールからパイロットスケールまでの開発時間(企業数)	パイロットスケールから実機(商用化)までの開発時間(企業数)
乾式アンモニア法 (クリーンガス対象)	1971～74年	平均9.6カ月 (8)	平均10.7カ月 (6)	平均28.2カ月 (5)
(重油排ガス対象)	1971～74年	平均9.5カ月 (8)	13.8カ月 (8)	43.5カ月 (6)
乾式アンモニア法 (焼結炉, コークスガス)	1973年	— —	13.5カ月 (2)	59カ月 (1)
乾式無触媒法	1972～75年	0 カ月 (3)	12カ月 (1)	20カ月 (1)
乾式H <sub>2</sub> 法, 乾式触媒酸化吸着法, 電子線法	1971～72年	平均8 カ月 (2)	7 カ月 (2)	—
湿式法	1971～74年	平均6.2カ月 (8)	8.5カ月 (10)	19カ月 (2)

(出所) 藤井 [1979]。

ロールや排ガスの触媒処理が講じられた。焦点は、脱硫に加えてNO<sub>x</sub>対策においても最も費用の高い排煙脱硝装置の設置が義務づけられるのか、またその対象はどの程度の規模の燃焼装置までなのかといった点にあった。

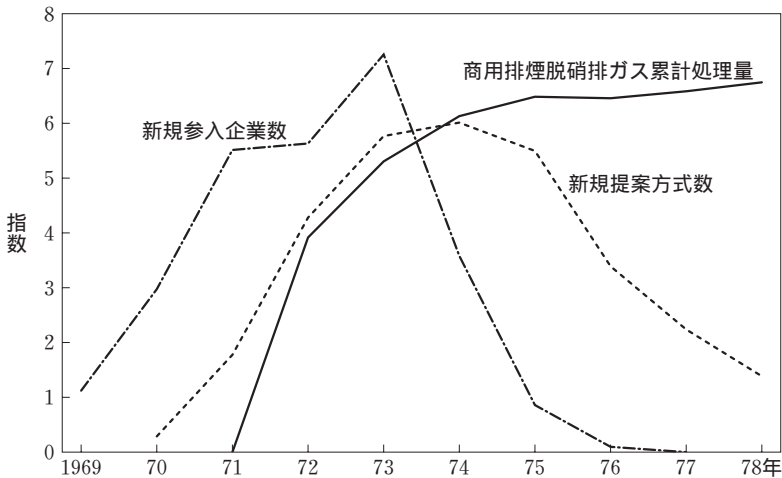
表1は、我が国の排煙脱硝メーカーの開発決定時期と開発着手から実用化までのリードタイムを調査した結果である(藤井 [1979])。上述したように、すでにアメリカでは1969年までには脱硝技術のレビューが行われ公開されていたため、日本の開発者は後発の利益を得ていたはずであるが、海外でもまだ実用化までには至っていなかったために、経済性からみた方式選定(乾式か湿式か)、大型化や信頼性、触媒技術(乾式)などが開発にあたっての焦点となった。のちに米国環境庁(EPA)が日本の開発スピードに驚いて、排煙脱硝技術開発への補助金をやめてしまったほど、この排煙脱硝技術開発は短期間に行われた。燃焼装置煙道から出たガスを高温のまま脱硝する乾式か、

液体につけて吸収する湿式かが再び焦点となった。乾式は経済性に優れるが高温あるいはダークな雰囲気での触媒技術選択や腐食が問題となり、湿式では経済性（煙突で再加熱をするためのエネルギーロスが大きい）がテーマであった。表1からは、湿式の開発速度が最も速いが、同時にパイロットスケールでほとんどの企業が開発をやめていることがわかる。これに対して、後に主流となる乾式アンモニア法の開発期間には、クリーンガス（ガス燃料）で平均約4年、ダークガス（重油）で5年半を要しているが、最後まで企業が開発から撤退していない実態がわかる。

また、排煙脱硝技術市場に参入した新規の企業数、提案された技術方式数、そして商用化段階の総排ガス処理量（累計量）を指数化かつ移動平均化して示したのが、図3である。この図からは、企業が新しい規制市場に数多く参入し、そして多くの提案技術方式のなかからどれが適当かを見極め（技術方式の収斂過程）、そして実用化していくダイナミックな過程がよくわかる。

固定発生源対策は、すでに排煙脱硫技術開発を行った企業がほとんどであ

図3 排煙脱硝装置開発のダイナミズム



(出所) 藤井 [1979]。

り、ここでの経験が時間短縮につながったことは確かであるが、規制に関しては当初設定された環境基準値が産業界からの反論により緩和されるなど、いわゆるムービング・ターゲットの状態になった。排煙脱硫技術同様、脱硝でも2兆円とも4兆円ともいわれた期待市場規模をめざして、企業は開発を進めた。ここできわめて興味ある点は、排煙脱硝市場の規模を決定する規制値設定が、技術的な実現可能性と抱き合わせであった点にある。すなわち、装置市場への参入企業にとっては、これを設置する企業の費用負担を一定以下に収めながら削減効率の高い技術を開発すれば、期待した規模の新市場が生まれる点にある。排煙脱硫技術とは異なり、環境庁は一銭の開発補助金なしに、規制によって生まれる新市場を暗黙裏に示すだけで十分な研究開発インセンティブを創り上げ、開発競争を展開させたことになる。また、排煙脱硫では、開発主体でもあった電力会社やこれに大型ボイラーなどの納入実績のある大手企業が随意契約に基づく補助金政策（テクノロジー・プッシュ型政策）が採用された（通産省の「大型プロジェクト」）のに対して、脱硝では技術開発のプル政策（ある基準を満たす技術が開発されるならこれを買上げるという意味で）が採られたことになる（藤井・菊池 [1993:54]）。

自動車からの窒素酸化物対策では、1970年に成立したアメリカのマスキー法案が大きな焦点であった。これは、1975、76年までに大幅な窒素酸化物の規制強化を実施するというもので、1976年値は窒素酸化物、一酸化炭素、炭化水素の3ガスを従来の10分の1にするという画期的な内容であった。当時すでに輸出型に成長しかけていた日本の自動車産業はマスキー法に大きな懸念をもったことはいうまでもない。しかし、アメリカの方は、ベトナム戦争による不況や自動車産業のロビー活動を背景に、環境規制が後退することとなり、マスキー法案も結局は廃案になった（1974年）。しかし、日本では1972年に中央公害対策審議会が決定したマスキー法の示した規制値をそのまま実行に移すことが進められた。日本の昭和51年度規制（マスキー法の1976年規制）は0.25g/kmという厳しいものであったため、この実現可能性をめぐる自動車メーカー、規制当局のみならず社会的にも大きな問題となった。

1974年10月中央公害審議会は、昭和51年規制値を技術的対応の困難さから暫定的な値として0.6g/km（1トン未満車）を採用し、旧昭和51年規制値を昭和53年（1978年）まで延期することとなった。

昭和51年規制の緩和をめぐる自動車業界と行政あるいは専門家との論争は西村 [1976: 56-118] などに詳しいが、自動車は開発主体がそのまま規制を受ける側であり、規制への対応がそれまでの市場における序列に大きな影響をもたらすことが考えられたため、業界としての総意とメーカー各社の利害は一致せず、メーカー間の規制受け入れをめぐる駆け引きは熾烈なものであった。結果的には、中堅の自動車メーカー2社（本田、マツダ）が1976年のマスキー案よりやや緩い暫定値を達成してしまったことが、業界全体に世界的に厳しい1978年（昭和53年）規制を受け入れさせる重要な要因となった（ただし、1978年規制では、上記2社の技術ではなく、アメリカですでに開発されていたフォード社の三元触媒方式の実用化がテーマとなった）。ここでも、規制をクリアすることで市場を取れるという中堅規模メーカーが重要な役割を演じたことになる。ただし、対象はガソリン車に限定され、ディーゼルに関してはその後も永い間規制目標を達成するための開発が続くこととなった。

自動車の環境対応は産業構造や産業技術面でも大きな変化をもたらした。三元触媒をうまく働かせるためには同時にエンジンの電子制御によって燃焼条件を最適にする必要があったが、日本の各メーカーはエンジンの電子制御をものにして、その後の自動車のエレクトロニクス化の先端を走るようになる。また、ここではまだ高い大型計算機などにしか使われていなかった半導体が用いられたために、半導体市場の初期の段階に自動車での需要が同市場の一部を支えたことにもなる。公害防止への日米のスタンスの相違は明らかに両者のその後の経済的なパフォーマンスに影響をもたらすことになった。第2次石油危機（1979年）以降、猛烈な省エネルギーを達成した素材産業や低燃費あるいは省エネルギーを売りものにした日本の自動車を中心とする機械産業はいずれも高い競争力を発揮し、第2次石油危機の影響から抜け出せない欧米先進国を後目に、日本はひとり「構造的黒字」を生み出すまでの成長を

遂げたのである。

### 3. NOx規制緩和

しかし、世界的に最も厳しい窒素酸化物規制は、産業界からの「規制の根拠」をめぐる猛反論にあい、最終的には環境基準そのものが緩和されるという異様な結末を迎えた。ここでは、環境庁が実施した全国6カ所の疫学調査をもとにしたNO<sub>2</sub>濃度と人体影響の因果関係や、極低濃度の測定技術誤差などが争点となった。国会での論議を経て、環境庁は1978年に、日平均値を0.02ppmから0.04~0.06ppmのゾーンに変更する。この反論には、厳しい規制に技術的にも対応しにくく、たとえできたとしても非常に大きな費用負担になることを恐れた鉄鋼業界が大きな役割を果たした。この緩和は、最も費用のかかる排煙脱硝装置の設置を、一部を除いて免除することにもなり、技術開発に参入した企業経営にも大きな影響をもたらした。事実、公害防止協定で1970年代に都心の湾岸部に立地していた製鋼所は、焼結炉やコークス炉の設置を余儀なくされたが、基準の緩和以降はこれらの脱硝装置も建設されていない。また、次節に論じるように、規制達成に挑戦した多くの企業が市場から事実上の撤退あるいは倒産を余儀なくされた。

## 第4節 環境規制と技術開発の相互関係

### ——環境規制に対する企業行動と産業組織——

本節では、これまで示してきた日本の規制と技術開発を軸とした政策がなぜ大きな成果をあげることができたのかについて産業組織論的な視点から考察を加えてみたい。

OECDの『日本の経験』が示すように、環境基準に基づく排出規制値の段階的目標（NOxの場合には、汚染源の装置種類、年齢、使用燃料などごとに定め

られたきめ細かな目標であった) にしたがって、技術的に裏付けられた規制的措置がきわめて短期間に一定の成果をあげた。環境経済学では、課徴金や課税といった経済的手段が導入されれば、企業は課徴金や税を支払うか汚染削減設備を導入して汚染物質を削減するかという選択を迫られるが、税・課徴金では定められた水準を超えて汚染防止費用を削減しようとするインセンティブがあるのに対し、規制では定められた規制水準以下に削減をするインセンティブが生じないため、経済的手段のほうが技術開発に対しては促進的に作用するという。1回限りの歴史から結論を導くことは難しいが、しかし、少なくとも1970年代の日米の窒素酸化物対策においては、経済的手段を多用したアメリカに対して、規制的手段と技術に多くを依存した日本の対策は明らかに技術的成果をもたらしたようにみえる(藤井ほか[1992: 14-19])。この問題をもう少し議論してみよう。

経済学の二部門(生産と家計)モデルは汚染者が汚染費用の低減主体であることを前提としている。この例をあげてみよう。規制的手段に対する経済的手段導入の合理性を主張したのはボーモルとオーツである。彼らは、疫学などの自然科学的知見で決定された環境基準を達成する際、企業間の排出削減の限界費用が異なっており、また規制者が企業の限界削減費用についての情報をもち最適汚染量を実現する税率を知っていれば、社会的な費用を最小化する手段として課徴金あるいは税の導入が最も適していることを証明した。政策的に提示された課徴金あるいは税をシグナルにして企業は費用最小化行動を通じて排出量をコントロールし、最終的には排出限界削減費用の均等化という効率を達成することができる、とするボーモル=オーツの定理(Baumol and Oates [1988: 159-176])である。ただし、規制者が企業の限界費用について正しい情報をもたない場合には、最終的に課税額が各企業の限界削減費用の平均値に等しくなるまで、税率を逐次的に変化させる必要がある。フィッシャーは、上記モデルを、個々の企業の汚染量が生産のための要素投入量(たとえば生産量調整)でコントロールできるだけでなく、汚染削減技術(末端処理)導入によっても可能となるケースに一般化して、全汚染物質排出量を目



標以下に収め、各企業が定められた生産水準を維持しながらも最適な汚染税を定式化する (Hanley et al. [1997])。

しかしこのモデルでは、汚染排出者(費用低減主体) = 技術開発主体という前提が設けられており、脱硫や脱硝などの技術がすでに確立されていて、汚染企業が汚染物質削減のひとつのオプションとして技術的対応をするか否かを決定する場合であればともかく、研究開発過程を通じた技術的進歩自体が問題となるケースにおいては適用できないことになる。実際に表2に示すように、日本の排煙脱硝装置市場への参入企業56社のうち、当初脱硝装置の設置を必要とした(汚染の費用負担者)企業は22社と4割程度であり、導入装置の規模(処理ガス量)でみるならその役割は1割程度にしかならず、最も主要な開発者はプラントエンジニアリング・メーカーであったことがわかる(藤井 [1979])。このように、必ずしも費用削減主体(装置の設置主体) = 汚染対策技術開発主体ではないのである。

経営学の視点から、技術革新の役割を軸に経済学の競争モデルを批判してきたポーター (Porter and Linde [1995: 97-118]) は、環境規制と技術革新の関係についても、好ましい規制は技術革新機会をもたらし、その結果産業競争

表2 排煙脱硝装置市場参入企業の実態

	企業数	資本金	参入時期	平均処理 方式数	平均脱硝 装置建設 基数	脱硝装置 の平均排 ガス総量
電力へのボイラー納入実績 のあるエンジニアリング企業	6	72,583	46.0	3.00	17.2	236,810
電力へのボイラー納入実績 のないエンジニアリング企業	18	5,197	47.4	1.39	3.9	61,106
脱硝対策が必要な企業	22	38,808	47.3	1.36	4.5	24,115
その他のメーカー	6	2,554	47.5	1.17	1.3	87,468
官・非営利	4	7,917	45.5	1.25	1.8	1,574

(出所) 藤井 [1979]。

力の強化という望ましい結果を生むと論じる。では、どのような環境政策が技術革新を誘発しうるのであろう。ポーターは、(1)規制当局が単に規制値を達成することだけでなく規制値が技術的達成目標となるように配慮を払う、(2)規制が、原材料から最終の消費者向け製品までの製品連鎖の最新の实用可能な技術に適合するように設計されている、(3)市場のインセンティブを刺激する、(4)規制ゴールの透明性が保たれ、より革新技術が採用されやすいものである、さらに(5)産業が目標値達成のための自由裁量権を与えられるように、ヨーロッパで行われている「自主協定」などの柔軟性をも含む、ことなどをあげている。ポーターは、規制政策と産業政策の生み出す好循環が、規制による一時的な比較優位性の喪失を補い、新しい市場とイノベーションによって、最終的には産業競争力の強化に結びつくことを強調しているのである。

これは、経済学の二部門モデルの説明では不十分で、産業組織論的な考察の必要性を示しており、規制する側とされる側以外の「第三のセクター」のもたらす技術開発を考慮する必要があるものといえる。窒素酸化物規制は硫酸化物のケースとは異なって、環境庁が主導していたこともあり、同庁が示した厳しい規制をめぐっては当時の通産省と激しい戦いがあった（この構図はそのまま京都議定書における両者のせめぎ合いに持ち込まれている）。NO<sub>x</sub>対策は、燃料中のN分に加えて、燃焼温度などにも左右されるため、対策は脱硫に比べても複雑でかつ技術も実用から遠い段階にあった（アメリカの報告ですでに対策のメニューは用意されていたことは先に述べた）。燃料の軽質化（硫黄や窒素分の少ない燃料へのシフト）が進められていただけに、環境庁の政策の多くは、技術対策に充てられた。この技術政策は、技術的対策が実現可能（経済的にも）であるならば、規制を実行するというものであり、技術対策の実現がそのまま新規の規制市場を生むという政策であった。自動車では中堅企業の技術目標の達成、初期の排煙脱硝技術開発では中小エンジニアリング企業の技術開発競争が、この政策実現への突破口を切り開いたのである。

さて、適切な環境規制が国際競争力強化に結びつくとするポーター仮説を

めぐっては植田 [1996] や浜本・植田 [1996] に詳しいが、浜本・植田は同書で、ポーター仮説の検証を行ったオーツらの研究をあげている。オーツらの結論は、ポーター仮説は成立しないが、「環境規制と技術革新の関係について正確に把握するためには」、(1)汚染防除技術・装置を供給する産業の存在、(2)企業間および企業と規制当局の間の相互依存関係における戦略的行動、(3)何らかの原因で看過されているが、規制強化によって顕在化する技術革新の潜在的機会の存在、への追加的分析が不可欠であるというものである。そして浜本・植田も、「このモデルでは研究開発インセンティブと技術普及にかかわる新技術採用インセンティブが厳密に区別されていない」と指摘する。オーツらの指摘した(1)~(3)に関わる事項も、二部門の理論モデルでは説明できない、産業組織あるいは寡占市場における戦略的ゲームに関わる考察の必要性に言及したものとえよう。以上に記した、(1)規制市場によってビジネスチャンスが生まれるエンジニアリング企業の存在、(2)技術開発の成果が新規市場創設と同時決定の関係にあるという環境-産業(技術)政策、といった排煙脱硝市場での成果にそのまま当てはまるものとえよう。しかし、アメリカではこのようなダイナミックな過程は生まれなかった。

その後の規制緩和を受けて、排煙脱硝市場は電力向けや鉄鋼の一部、大都市などにおける新規立地の大型燃焼設備、などに限定されることとなった。その結果、この競争の勝者は、表2にみるように、電力会社にボイラーなどを納入する大手プラントメーカーであり、技術の成就に大きな役割を果たした触媒メーカーはその後倒産し、中堅のプラントメーカーも最終的には本市場からの撤退を余儀なくされた。技術革新の担い手として寡占が必要か否かというシムペーター仮説をめぐる論争は長い間の産業組織論でのテーマであったが、実証、理論ともに明確な決着がつかないまま、焦点は近年のゲーム論に代表される不均衡動学と寡占市場の分析に移行してきた。伊藤ほか [1988] には、同一の開発をめぐる複数企業が競合・競争し、先に開発したほうが利益を得るという序列間競争のもとで、しかもライバル企業の研究開発によって自社の現在の市場での地位が変化するという関係を考慮すると、

技術開発が画期的であればあるほど小企業は大きな開発インセンティブをもつとの結論が描かれており、ここでも技術開発過程におけるダイナミズムや市場構造の特性との関連性が強調されている。まさに、「失うものがなかった」中小企業が市場に参入し、技術開発に大きな役割を果たしたのである。しかし、規制値緩和は、排煙脱硝市場を縮小し、市場は大型の燃焼施設向けのみ限定されたために、これらのイノベーターは果実を刈り取ることができなかったのである。大手のプラントメーカーが、その規模や資金力を背景により多くの技術方式の開発に対応できた（表2中の大手エンジニアリングメーカーの「技術方式数」の多さに注目されたい）ことで「本命技術」を見極めることができたことも、「結果として独占力や大企業の存在」を証明したものとなった。

## 第5節 「日本の経験」のその後

さて、1960年代末から1970年代前半にかけて日本社会の最も大きなイシューとなった大気汚染を軸とする環境対策は、その後第1次石油危機（1973年）、第2次石油危機（1979年）と続くエネルギー価格の上昇を背景に、省エネ対策として1980年代の国際競争力強化に大きく貢献することになった（日本の輸出入は2度の石油危機を梃子にするように急激に出超に転じている）。自動車ではエンジンの電子制御によって燃費向上が進み（三元触媒そのものは省エネには結びつかなかったため、なぜ燃費向上が進んだかはさらなる分析が必要である）、固定燃焼装置では低酸素燃焼や高効率バーナーなどの環境対策で生まれたシステム技術がそのまま省エネ技術として用いられた。また、熱管理や燃料代替などが広く普及したこともあげられよう。しかし、産業部門における省エネを可能にしたのが1981、82年に投資のピークを迎えるエネルギー多消費産業での熱回収装置であったことを考えると、環境対策の省エネへの貢献は、技術的要因よりも、むしろ公害防止地域などでの産業立地上の

制約として環境制約が強くエネルギー消費量削減への圧力となって作用し、これがエネルギー価格の上昇できわめて短期間に省エネ対策を促進したことにあると考えられる<sup>10)</sup>。

しかし、「空白の10年」を経て、産業競争力や規制の費用－便益はどのようなものであろう。表3、表4は、アメリカ商務省が1998年に産業政策的視点から環境産業に対して行った調査結果のうちの市場規模と主要国の競争力比較を示している。これによれば1996年の世界の環境関連市場の規模は約4500億ドルで日本はその約20%にあたる870億ドルである。環境市場ではゴミ処理サービスが最も大きく、続いて上水、水処理サービスなどのサービスが上位を占め、装置市場は全体の4分の1にすぎない。装置市場のなかでは、

表3 グローバル規模での環境市場（1996年）

	アメリカ	西ヨーロッパ	日本	アジア	その他	合計 (%)
<b>【装置】</b>						
水理装置、化学処理	16.0	10.5	5.6	2.7	4.1	38.9( 8.6)
大気汚染	15.4	7.3	3.3	0.9	2.1	29.0( 6.4)
関連装置／情報システム	1.8	1.6	1.0	0.2	0.6	5.2( 1.1)
廃棄物処理	10.7	9.1	8.6	1.3	2.7	32.4( 7.2)
工程改善&未然防止技術	0.9	0.5	0.5	0.1	0.3	2.3( 0.5)
<b>【サービス】</b>						
固形廃棄物（ゴミ）処理	32.7	29.5	29.6	3.4	7.0	102.2(22.6)
有害廃棄物処理	5.9	5.2	3.8	0.5	1.4	16.8( 3.7)
コンサルティング&エンジニアリング	14.2	8.4	1.1	0.8	2.3	26.8( 5.9)
汚染処理／産業向サービス	8.3	3.7	1.1	0.4	1.5	15.0( 3.3)
分析サービス	1.2	1.0	0.5	0.1	0.4	3.2( 0.7)
下水等廃液処理作業	24.6	21.8	9.6	2.7	6.1	64.8(14.3)
<b>【資源管理】</b>						
上水	27.0	19.7	12.2	4.5	9.6	73.0(16.2)
資源回収(含リサイクリング)	11.6	13.6	9.2	1.1	2.2	37.7( 8.3)
自然エネルギー	1.4	1.5	1.0	0.4	0.6	4.9( 1.1)
合計（10億ドル）	171.8	133.4	87.1	18.9	40.9	452
（%）	38.0%	29.5%	19.3%	4.2%	9.0%	(100%)

(出所) Environmental Business International, Inc., San Diego, CA.

表4 環境産業の分野別競争力比較

	アメリカ	ドイツ	日本	フランス／イギリス
<b>【装置】</b>				
水理装置，化学処理	やや優位	大変優位	大変優位	普通
大気汚染	普通	大変優位	大変優位	やや劣位
関連装置／情報システム	大変優位	やや優位	やや優位	普通
廃棄物処理	普通	やや優位	普通	普通
工程改善&未然防止技術	大変劣位	大変劣位	やや劣位	大変劣位
<b>【サービス】</b>				
固形廃棄物（ゴミ）処理	やや優位～ 大変優位	普通～ やや優位	やや劣位	普通～ やや優位
有害廃棄物処理	やや優位	普通	普通	普通
コンサルティング&エンジニアリング	やや優位～ 大変優位	普通～ やや優位	やや劣位	普通
汚染処理／産業向サービス	やや優位	普通	やや劣位	普通～ やや劣位
分析サービス	やや優位	普通	普通	普通
下水等廃液処理作業	やや劣位～ 大変劣位	やや劣位	やや劣位～ 大変劣位	やや優位～ 大変優位
<b>【資源管理】</b>				
上水	大変劣位	やや劣位～ 大変劣位	大変劣位	やや優位～ 大変優位
資源回収(含リサイクル)	普通	やや優位～ 普通	やや優位	やや優位
自然エネルギー	普通～ やや優位	普通～ やや優位	普通～ やや優位	やや劣位
ランキング	100	98	86	93

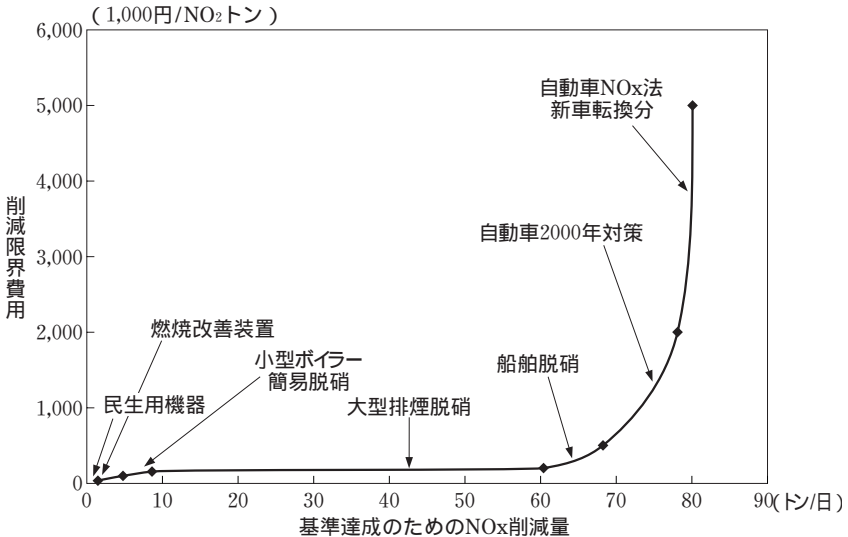
(注) 技術，ビジネスの動向，マネジメント，ファイナンス，国際的プレゼンスをもとにしている。  
(出所) Environmental Business International, Inc., San Diego, CA.

水処理・化学処理装置，廃棄物，大気汚染などの装置が大きい。興味あるのは日本の競争力で，四つの主要セクターのうちで，日本が互角以上なのは水／化学処理装置，大気汚染装置，資源回収，環境エネルギー（省エネなど）にとどまり，総合ランキングでも日本は4セクター中最も劣っていることが示されている。日本についての評価は，装置製造での大企業の競争力はあるが，

全体的に企業規模が小さく、民営化が遅れ、また輸出が少ないことなどがあげられている。

このように、1970年代前半に「日本の経験」としてその成果を讃えられた環境分野のマネジメントも、その後の経済的、社会的環境条件の変化に対応できない規制の措置の継続、官主導かつ縦割り行政に起因した整合性に欠ける環境政策、環境市場の民間への開放の遅れや経営の非効率化、さらには技術に特化した解決方策がもたらす費用の上昇、費用対効果の欠如、といった「日本の経験」の「成功ゆえの硬直的な制度」を定着させてしまったのではないだろうか。環境アセスメントが最初に立案されてから成立まで26年もかかった事実は、1980年代以降解決に向けてより複雑さと多様さを増してきた環境問題への対応能力の低さを映しているのではないだろうか。規制別の費用がいかに異なったものであるかを、以上の例としてあげてみよう。図4は、現時点で最も高い目標設定を行っている千葉県の窒素酸化物削減計画に用い

図4 千葉県におけるNO<sub>x</sub>規制の限界費用推計



(出所) 藤井ほか [2000]。

られたデータをもとに作成した対策メニュー別の汚染物質単位当たり費用を表している。自動車NO<sub>x</sub>法（ただしデータは旧法のもの）によって物理的耐用年数以前に対策車へのリプレースが要求されることにともなうNO<sub>x</sub>1単位当たりの削減費用は、最も高い排煙脱硝費用の約10倍にもものぼることがわかる。先にみた松野の脱硫にかかる限界費用の例同様、経済学が批判する、規制的手段の硬直性が企業のバリエーションに富む対策の可能性を摘んでいる例といえよう。

## 第6節 「日本の経験」がもたらす発展途上国への インプリケーション

以上、二つの大気汚染対策において、環境への対応に向けてのレジーム形成がどのように行われたのかを技術的対応を中心にまとめると次のように示せる。

まず、問題となる構図の確定が求められる。SO<sub>x</sub>問題では日本はすでに長い歴史を有し汚染のメカニズムはほぼ確定していたし、NO<sub>x</sub>においてもアメリカでの蓄積が利用できた。そして1960年代から続いた公害問題を受けて、すでにSO<sub>x</sub>対策やNO<sub>x</sub>対策が問題とされる時点では、公害の克服という世論形成が完了していた。事実調査と対策案の検討については、SO<sub>x</sub>では利用可能な調査や限られた関係者からのヒアリングで中央政府段階での費用対効果を考慮した計画が作成可能であったのに対して、NO<sub>x</sub>では技術が対策により重要な位置づけをもったものの、その不確実性は高かった。

レジーム形成に向けての交渉は、規制される産業の費用負担増大を通じた競争力低下や企業間の競争条件の相違といった想定される問題に直面したが、日本における技術的解決をめざしたケースでは、環境規制という視点のほかには産業政策的な誘導策の存在が重要な役割を果たした。新しいレジーム形成には、交渉規制当局と規制される企業のほかに、オーツらが「ポーター仮説」



が起こりうる条件としてあげた、規制産業以外のエンジニアリング企業の存在、技術開発の成果が新規市場創設や輸出増大などに結びつくといった条件の存在、が重要であった。この点は、発展途上国での産業化のステージや国際競争などの局面で求められる条件が当時の日本の状況とは相当異なるものといえるため、技術導入や海外からの調達をも含めたより複雑なインセンティブ・システムが考慮される必要があるだろう。

しかし、日本における官による規制と技術的解決に基づく環境政策の一時的「成功」は同時に、質的に変化を遂げつつあった新しい環境問題への対応力を希薄なものにしたともいえる。その結果、経済的手段などのより柔軟な施策導入を遅らせて環境対策面での費用対効果のゆがみや硬直性をもたらすとともに、市場的解決を有効ならしめるより直接参加型の意思決定システムやNPO、グリーンコンシューマーといったアクター出現の機会を妨げることもなった。すでにグローバルな環境レジームのなかにおかれている発展途上国の環境対策を視野に入れるかぎり、アクターとしてのNPOや市場を活用した解決策などがより有効に役割を果たせる構図をも模索する必要があるう。

〔注〕 \_\_\_\_\_

- (1) この議論の詳細については本書第1章の寺尾論文を参照せよ。
- (2) 猿田勝美報告「地方自治体による公害対策の展開—横浜方式を中心に—」(アジア環境政策研究会編 [2002: 3])。
- (3) K値は、汚染源から排出される硫黄酸化物量を定める際に、拡散状態を考慮して、煙突の高さとともに定められた政策的値であり、高濃度汚染が生じるおそれがある地域ほど厳しい値(K値を小さく)が設けられた。Kの値は昭和43年12月以降8次にわたり段階的に改正強化が行われてきたが、排出基準のみでは環境基準の達成が困難な地域では、国が地域指定をして事業所ごとに排出総量を定める総量規制が取り入れられた。

排出基準の計算式： $q = K \times He^2 / 1000$

$q$  : 硫黄酸化物の量  $Nm^3/時$

$K$  : 地域ごとに決められた定数 (K値)

$He$  : 補正された排出口の高さ

- (4) 山口務報告「日本の立地公害行政の展開過程—エネルギー低硫黄化計画を中心に—」(アジア環境政策研究会編 [2002: 51])。
- (5) 小林料報告「東京電力の公害対策経験」(アジア環境政策研究会編 [2002: 73-75]) では、大井火力におけるミナス原油導入の決定については、木川田東電社長という属人的要素がきわめて大きな役割を果たしたと報告された。
- (6) 注(5)および吉田 [2002] を参照。
- (7) 松野裕氏の堺港発電所のSOx限界削減費用測定結果(松野・植田 [1997: 92])。
- (8) “Flue Gas Desulfurization Systems since 1850,” *Journal of the Air Pollution Control Association*, Vol.27, No.10, Oct., pp.948-961. This report is condensed from “The Status of Flue Gass Desulfurization in the United States: A Technology Assessment,” edited by S. J. Biondo, Federal Power Commission.
- (9) 図2にみるように、1981年から18年間の平均市場規模は重油脱硫が210億円、排煙脱硫が440億円であった(日本産業機械工業会・優良環境装置協議会 [1999])。
- (10) Fujii and Matsukawa [1993] には、産業部門別の計量分析をもとに、K値規制が燃料代替の弾力性に大きな影響をもったことが実証されている。

### 〔参考文献〕

#### 〈日本語文献〉

- アジア環境政策研究会(「アジアにおける環境政策の形成・実施過程」研究会)編 [2002] 「日本の公害対策経験に関するヒアリングの記録」日本貿易振興会アジア経済研究所開発研究部。
- イエニッケ, マルティン/ヘルムート・ヴァイトナー編(長尾伸一・長岡延孝監訳) [1998] 『成功した環境政策—エコロジエ的成長の条件—』有斐閣(Martin Jänicke and Helmut Weidner eds., *Successful Environmental Policy: A Critical Evaluation of 24 Cases*, Berlin: Edition Sigma, 1995)。
- 伊藤元重・清野一治・奥野正寛・鈴村興太郎 [1988] 『産業政策の経済分析』東京大学出版会。
- ヴァイトナー, ヘルムート [1998] 「日本における煤煙発生施設からの二酸化イオウと二酸化窒素の排出削減」(イエニッケ/ヴァイトナー編 [1998])。
- 植田和弘 [1996] 『環境経済学』岩波書店。
- 西村肇 [1976] 『裁かれる自動車』中公新書。
- 日本産業機械工業会・優良環境装置協議会 [1999] 「環境装置の生産実績」平成11

年7月。

- 浜本光紹・植田和弘 [1996] 「環境規制と技術革新」(植田和弘・石川雅紀・奥田栄・出口弘・浜本光紹・藤崎成昭・細田衛士『新しい産業技術と社会システム』〈日科技連刊シリーズ・社会科学のフロンティア4〉日科技連出版社)。
- 藤井美文 [1979] 「窒素酸化物防止技術開発に関する考察」(早稲田大学大学院理工学研究科修士論文)。
- ・岡敏弘・石川雅紀・松川勇・羽鳥之彬・須佐美周・斎藤崇・大竹裕之 [2000] 「LCAインベントリと限界汚染削減費用を組み合わせたリスク・ベネフィット分析」(第4回エコバランス国際会議予稿集)。
- ・小泉睦男 [1978] 「燃焼装置からのNO<sub>x</sub>発生防止技術の開発に関する資料(I)」(『燃料協会誌』Vol.57, No.609, 43~60ページ)。
- ・菊池純一 [1993] 『先端技術と経済』岩波書店。
- ・松川勇・真殿誠至 [1992] 「地球環境問題に経済的手段は有効か」(『経済セミナー』No.449, 14~19ページ)。
- 松野裕・植田和弘 [1997] 「公健法賦課金」(植田和弘・岡敏弘・新澤秀則編『環境政策の経済学』日本評論社, 79~111ページ)。
- メッツ, ルッツ [1998] 「ドイツ連邦共和国における大規模燃焼施設の排出ガス削減」(イエニッケ/ヴァイトナー編 [1998])。
- 吉田克己 [2002] 『四日市公害—その教訓と21世紀への課題—』柏書房。

〈英語文献〉

- Bartok, W. [1969] *NAPCA*.
- Berg, David R. and Grant Ferrier [1998] "Meeting the Challenge: U.S. Industry Faces the 21<sup>st</sup> Century," The U.S. Environmental Industry U.S. Department of Commerce Office of Technology Policy.
- Baumol, W. and W. Oates [1988] *The Theory of Environmental Policy*, second ed., Cambridge University Press.
- Costanza, R. and H. E. Daly [1992] "Natural Capital and Sustainable Development," *Conservation Biology*, Vol.6, No.1, pp.37-46.
- Fujii, Y. and I. Matsukawa [1993] "Price, Environmental Regulation and Fuel Demand: Econometric Estimates for Japanese Manufacturing Industries," *Energy Journal*, Vol.14, No.4.
- Hanley, N., Jason P. Shogren and Ben White [1997] *Environmental Economics*, Chapter 4. (原典はA. Fisher, *Environmental and Resource Economics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1980).
- Harris, Jonathan M. [2001] "Economics of Sustainability: The Environmental Dimension," Jonathan M. Harris et al. eds., *A Survey of Sustainable*

*Development*, Island Press, pp.3-15.

OECD [1977] *Environmental Policies in Japan*, OECD (環境庁国際課監修, 国際環境問題研究会訳『日本の経験—環境政策は成功したか—』日本環境協会, 1978年).

Porter, M. E. and Class van der Linde [1995] "Toward a New Conception of Environment-Competitiveness Relationship," *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9, No.4, pp.97-118.