

中国の環境問題と日本の技術移転  
～石炭燃焼炉の転換と脱硫技術を中心として～

2002年1月

文部科学省 科学技術政策研究所

情報分析課 花井光浩

相馬 融

客員研究官 清家彰敏

中華人民共和国 科学技術部 科技促進發展研究中心

劉 彦

刘 春成

樊 立宏

この調査資料は、平成12年1月に当研究所と中国科学技術部科学技術促進発展  
研究中心（NRCSTD）との間で署名された研究協力に係わる覚書に基づく共同研究とし  
て行われたものである。なお、第2章（劉彦）、第6章（樊立宏）は中国語で書かれ  
たものを日本語に翻訳している。

A Research on Chinese Environmental Destruction and Desulfurization  
Technology Transfer from Japan to China

—Desulfurization technology for Coal combustion furnace —

January, 2002

HANAI Mitsuhiro, SOUMA Toru, SEIKE Akitosi

Information Analysis Division

National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan

LIU Yan, LIU Chuncheng, FAN Lihong

National Research Center for S&T for Development (NRCSTD)

Ministry of Science and Technology, P. R. China

## 目 次

第1章 緒言 (清家彰敏)	
1. 本調査研究の目的	1
2. 環境破壊と中国の拡大	1
3. 中国の環境破壊の現状	2
4. 中国のエネルギー産業と環境破壊	2
第2章 中国におけるエネルギーと環境保護の発展状況 (劉彦)	
1. エネルギー構造と環境に対する影響	4
2. クリーンコール・テクノロジーへの挑戦	7
3. 火力発電所脱硫技術を中国の現段階におけるクリーンコール・テクノロジーの研究重点とすることについての対策と提言	11
第3章 中国のエネルギー産業と技術 (花井光浩)	
1. エネルギー産業と政策	13
2. 大気汚染対策の動向	14
第4章 日中間の技術移転をより効果的に行うための方策 (花井光浩)	
1. 日本側に求められる取り組み	18
2. 技術移転への要請	20
第5章 技術移転と産業 (花井光浩/清家彰敏)	
1. 中国の技術移転の現状	22
2. 欧米日の技術移転モデルの比較	23
3. 事例研究—日中間の脱硫技術移転動向	25
第6章 中国における現状への政策的試論 (樊立宏)	
1. 中国におけるエネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策	29
2. 日本におけるエネルギーの発展とエネルギー環境政策	38
3. 日中の政策比較および日本の経験が中国に与える啓示	43
第7章 中国の技術導入基盤の形成 (花井光浩)	47
第8章 結語	49

# 中国の環境問題と日本の技術移転 ——石炭燃焼炉の転換と脱硫技術を中心として——

## 第1章 緒言

### 1. 本調査研究の目的

中国における環境問題は、急速な経済発展に伴い年々深刻さを増し、日本も直接的影響を受ける問題となっている。この問題を解決するため、先進国は環境技術を移転し、中国の環境対策を支援する必要がある。本研究は中国の環境問題の現状について日中の共同研究により考察し、環境技術の開発、移転の状況を分析する。

### 2. 環境破壊と中国の拡大

中国の環境は人口の増加と密接な関係を持っている。人口は歴史的な事件と政策、出生率を考慮する必要がある。1959～1961年間の大躍進運動、異常な干ばつによる出生数の減少は中国の将来の人口を考える場合重要である。また70年代に入って計画生育や一人っ子政策が本格的に実施され、出生数が著しく減少した。

1人の女子が生涯に生む平均子ども数は合計特殊出生率(TFR)と呼ばれ、1995年の日本におけるTFRは1.43になっている(文献(1))。中国のTFRは1949年以来、1959～1961年間の間を除いて5.5以上の高い数字であったが、70年代に入り一人っ子政策の本格化によって急速に低下してきている(文献(2), (3))。1990年における中国のTFRは2.3となっている(文献(4))。

2050年までの人口変動の推移はTFRが1.7の場合、中国の人口が2029年にピークになり14億に達する。また、TFRが1.87の場合ピークに達する時期が2035年であり、そのときの人口は15億である。この人口の拡大がGDP、食糧消費量、エネルギー消費量に大きな影響を与え、環境破壊へと繋がる。

中国の1人あたりGDP実質成長率は1990年の10%から2025年に3%に、さらに2035年には2%になるように仮定する。TFRが1.70, 1.87, 2.10の場合、2050年のTFR別のGDPはそれぞれ32兆元、35兆元および40兆元となり、1990年の17倍、19倍および22倍になる。中国の食糧消費量の推計は、1990年における中国1人あたりの食糧消費量は375kgであり、1990年からの最初の35年間は0.75%、次の10年間は0.60%、以降2050年までは0.40%の率で増大するとし、食糧の総消費量を推計した。それによればTFRが1.70, 1.87および2.10のとき2050年の食糧消費量はそれぞれ7.2, 8.0, 9.2億トンとなる。

### 3. 中国の環境破壊の現状

中国の現状、特に電力について考察すると、中国は1998年時点で発電設備容量は2億7700万kW、発電電力量は11億5000kWhに達する世界第2位の発電大国である。火力発電機は発電設備容量で76%、発電電力量で81%を占めている。発電設備は2010年には現在の約2倍の5億kWに達し、この増設分の約70%は石炭火力を予定している。

環境問題は、エネルギー利用に起因する大気汚染が深刻な状況になっている。経済活動の拡大と共にエネルギー消費が増大している。特に石炭消費量の増加に伴い、石炭燃焼により排出される二酸化硫黄の量が増えており、多年に渡って2,000万トンを超える状態が続いている。二酸化硫黄排出量で中国は世界一となり、酸性雨や二酸化硫黄汚染が日増しに深刻になっている。中国の酸性雨は、80年代には西南部のわずかの地区に見られただけであったが、現在では揚子江以南、青蔵高原以東、四川盆地の大部分の地区にまで拡大し、降水のpH値が5.6未満(酸性雨判定の国際基準)の地区の面積は、既に国土面積の30%を占めている。

### 4. 中国のエネルギー産業と環境政策

中国の1次エネルギー消費量の推計は、文献(5)に示す1990年のGDPおよび1次エネルギー消費量データによれば中国の1990年の1次エネルギー消費原単位は373Toe/百万元(1947Toe/百万\$に相当)であり、同時期の米国の391Toe/百万\$,日本の150Toe/百万\$と比べてはるかに高い。その原因として、製造業を中心とした産業構造やエネルギー利用技術レベルの低さによるエネルギー効率の悪さなどが考えられる。従って産業構造の転換、エネルギー利用技術の開発や技術移転、省エネルギーの促進などによって、1次エネルギー消費原単位を先進国の1990年レベルまで下げる可能性が十分あると思われる。2020年までは、中国のエネルギー消費量が増加し続け2022年以降は減少に転じる。その原因として2020年以降はGDPの成長率が低下し、エネルギー消費原単位の低下率(省エネルギー率)が3.64%で一定であるためと考えられる。中国の1次エネルギー消費量のうち石炭は76%のウエトを占めている(1990年)。

CO<sub>2</sub>排出削減の観点から、石炭の割合を減っていくだろうと考えられる。2050年における石炭の割合が1次エネルギー消費の50%まで減ると仮定し、CO<sub>2</sub>排出量の予測してみた。1次エネルギー消費量と同じようにCO<sub>2</sub>排出量も2020年頃にピークに達し、その後減少していく。中国政府は環境対策として1999年、国内総生産(GDP)の約1%にあたる823億元(約1.2兆円)を支出したが、経済成長の原動力となっている沿海都市部の生活環境に密接な下水道プロジェクト、ゴミ処理、自動車排ガス規制などを先行させているため、内陸部の重厚長大型の国有企業には手が回っておらず、重慶などの内陸都市の大気汚染は特に激しい。酸性雨の抜本対策となる石炭火力発電所への脱硫装置の設置や、天然ガスへの転換のペースも緩慢な状況である。環境投資は1998年以降急増しており、従来GDPの0.6%程度から1.0%に到達し、今後の成長に伴う環境投資に加え、過去に回避した環

境投資にも対応せざるを得ないことから今後 20 年以上は増加トレンドと見られる。

環境破壊は人口と空間他によって決定される。特に人口の影響が大きい。環境政策の基礎となるデータを考察してみると以下である。

1990 年～1995 年の平均 TFR は 1.87 が将来とも続くと仮定すると、中国の人口は 2035 年の 14.9 億をピークに減少に転じる。その場合の 2050 年の人口は 14.6 億になる。また中国の GDP と食糧消費量は 2050 年まで成長しつづけるが、エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量は 2020 年頃にピークに達するだろうと思われる。石炭火力の NO<sub>x</sub> (窒素酸化物) 排出基準は 1996 年 3 月に正式に施行された。低 NO<sub>x</sub> 燃焼バーナの製造技術は 1980 年代の半ばと後半に大容量石炭火カユニットの輸入と同時に導入された。その技術を踏まえて、中国の石炭の品質、微粉炭の特徴に合わせて低 NO<sub>x</sub> 燃焼システムが開発されてきた。現在低 NO<sub>x</sub> 燃焼システムは一般的に国産の大容量ユニットに利用されている。しかし、二酸化硫黄の排出は、脱硫技術の開発が遅れているため、これまで有効には抑制されていない。中国では、《大気環境保護法》や《火力発電所大気汚染物排出基準》(GB13223-1996)等の要求に基づき、2010 年までに燃焼ガス脱硫設備を取り付ける必要がある発電機の数、約 180 台にのぼり、その対象となる発電機の容量は 44000MW である。国家電力公司傘下の火力発電所では、120 台の発電機に燃焼ガス脱硫設備を取り付けることを計画しており、対象となる発電機の容量は 28000MW である。

## 第2章 中国におけるエネルギーと環境保護の発展状況

### 1. エネルギー構造と環境に対する影響

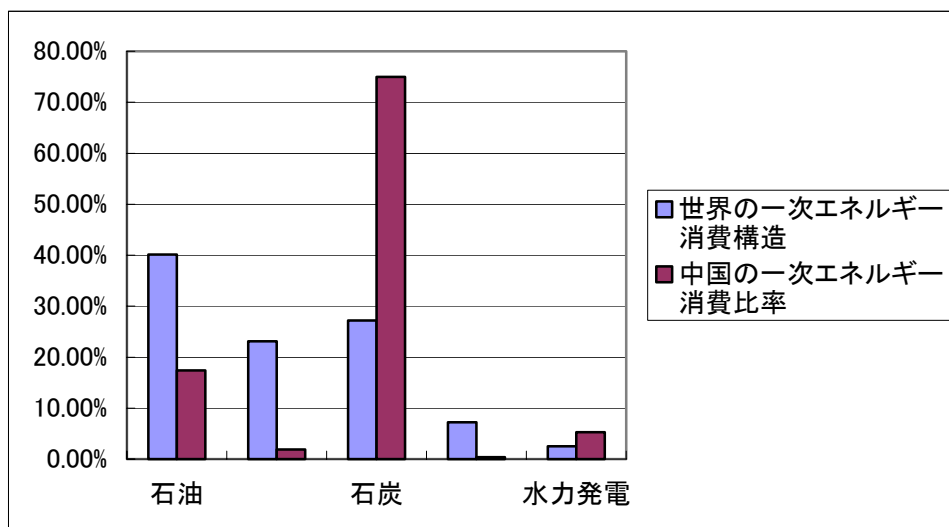
20世紀に、人類は環境に対してきわめて多くの代価を支払ってきた。技術の進歩に依存して、経済成長方式の変革をはかり、エコロジー環境を発展させると同時にこれを保護し、改善することによって、経済社会の持続可能な発展を実現し、多数の国と地域では、すでに新世紀に向けての発展戦略を策定している。

第10次5ヵ年計画期間において、中国の経済は快調な成長を維持しており、毎年7%～8%の成長率を保っている。社会の進歩と経済発展における重要な物質的基礎と動力の源としてのエネルギーについての需要は、今後、よりいっそう強まっていくことが見込まれる。国家発展計画委員会の情報によれば、中国が策定した21世紀初頭のエネルギー発展の重点は、電力を中心に据え、石炭を基礎として、石油と天然ガスを大々的に開発し、原子力発電およびその他の新しいエネルギーと再生可能エネルギーを積極的に発展させることであるとしている。専門家の予測によれば、21世紀の初頭には、中国における一次エネルギーの総消費量は13.8億トン（標準炭）、原炭換算では、約20億トンに達する見込みである。また、石炭生産量は14.5億トン、石油、天然ガスの生産量はそれぞれ1.5億トンと250億立方メートルに達することが予測されている。エネルギーに対するかくも巨大な需要に伴って、環境保護の問題は最大の関心事となっている。

これまでの長い間に、人々の中ではすでに一つのコンセンサスが形成されている。すなわち、合理的かつ効率的にエネルギーを開発、使用し、できるかぎり自然環境の破壊と汚染を減少させて、人類の生存環境を改善し、国民経済の持続可能な発展を実現することこそが、人類発展の要諦であるということである。このことは世界各国の経験からも明らかであり、もはや「汚染が発生してから、これを削減する」というこれまでのやり方を踏襲してはならない。

#### (1) 中国におけるエネルギー構造と環境に対する影響

中国では、長年にわたって、エネルギー構造の不備という問題が存在している。1994年における世界の一次エネルギー消費構造では、石油、天然ガス、石炭、原子力発電、水力発電の割合が、それぞれ40.1%、23.1%、27.2%、7.2%、2.5%であったが、これに対して中国の一次エネルギー消費比率は、それぞれ、17.4%、1.9%、75.0%、0.4%、5.3%であった。下記グラフは、これを図で表わしたものである。



世界の数多くの国におけるエネルギー消費構造は、石油、天然ガス、原子力等の良質でクリーンなエネルギーが主体となっている。いっぽうの中国では、石炭を主体とするエネルギー消費構造となっており、良質かつクリーンなエネルギーの消費率では、世界の平均水準をはるかに下回っている。

こうした石炭を主体とする中国の消費構造は、国の資源状況によるものである。中国は、石炭が豊富で石油が不足している国である。中国では、長年にわたってエネルギー構造の改善に尽力しており、石油、天然ガス、水力発電等の良質なクリーンエネルギーの開発に大いなる力を注いできた。しかしながら、天然資源自体に限りがあることから、短期間のうちに、中国のエネルギー消費構造を大々的に変革することは困難である。また、火力発電所の建設は、投資が少なく、サイクルも短いことから、将来的にも火力発電が70%以上を占めることが予測され、中国における石炭を主体とする生産と消費の構造は、今後の長期にわたっても変化しないということができよう。

このように火力発電を主体とするエネルギー消費構造から直接的にもたらされる結果としては、環境汚染の深刻化という問題がある。関連資料統計によれば、大気中の二酸化硫黄の90%、ばい煙の80%が石炭燃焼によるものであり（表2.1.参照）、石炭の燃焼によって引き起こされる酸性雨は、国土面積の30%以上を覆っている。1995年に酸性雨、降塵によって生じた経済損失は1165億元にのぼり、1998年に酸性雨、降塵によって生じた経済損失は、GDPの2%近くにまで達している。「澄み渡った空を渡っていく雁の姿を望む」というのは、すでに多くの中国の都市住民にとっては、追憶と夢の情景となってしまった。

表 2.1. 石炭燃焼による大気汚染物質排出量と総量に占める割合

SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	ばい煙
90%	70%	82%	71%	80%



したがって、クリーンエネルギーを大々的に発展させて、とくにクリーンコール・テクノロジーと再生可能エネルギーテクノロジーの発展と実用化を促進することは、中国にとってきわめて重要な戦略的意義をもつものである。

## (2) クリーンコール・テクノロジーの発展

これまでの環境保護技術と比較すると、クリーンコール・テクノロジーは技術的に進んでおり、エネルギー効率を高めて環境保護を全体的に発展させるものであって、抜本的な汚染防止に重きをおいて、経済効益と社会効益を共に重視し、経済と環境の調和をはかりつつ発展させるという、21世紀のエネルギー技術発展の主たる目標を目指すものである。クリーンコール・テクノロジーの発展は、まさに現在の大気環境整備という目標を実現するための主たる手段といえよう。

クリーンコール・テクノロジーとは、石炭の開発、加工、利用のすべての過程において、石炭の利用効率を高めて、環境汚染を削減するための各種新技術の総称である。80年代初めに、アメリカとカナダでは、両国の国境地帯における酸性雨問題を解決すべく、長期にわたる話し合いを続けていたが、このときの関連資料の中に「クリーンコール」という言葉が、初めて登場している。

現在、世界各国においては、石炭利用と環境問題の解決を主導する技術として、クリーンコール・テクノロジーが各工業発展国で重視され、発展している。1986年には、アメリカが世界に先駆けて「クリーンコール・テクノロジー・モデルプラン」を発表し、石炭利用による環境汚染の削減を図った。これに続いて、ECの「フューチャーエネルギープラン」、日本の「ニューサンシャイン計画」が相次いで打ち出され、クリーンコール・テクノロジーの発展が、その主要項目として盛り込まれた。

中国は最大の発展途上国であり、石炭の生産・消費大国でもある。クリーンコール・テクノロジーを発展させて、石炭のクリーン生産およびその利用を実現することは、中国におけるエネルギー安全の問題、環境保護という現実のニーズを解決し、かつ環境と経済の調和による発展をも実現して、中国の石炭工業経済の成長方式を粗放型から集約型へと転換させることによって持続可能な発展を遂げるための重要な戦略的選択である。

環境破壊に関する研究開発投資を中国は続けており、中国は、石炭の洗炭、選炭加工、燃焼、転化および汚染削減等の面で、いずれも著しい進歩を遂げている。しかしながら、中国におけるクリーンコール・テクノロジーはスタートポイントが低く、基礎が脆弱で、技術と人材が不足していることから、国内市場のニーズを満たすことができない状況にある。高効率、先端技術で複雑かつ大型の設備、例えば工業ガス化ブリケット、石炭ガス化複合発電、加圧流動床複合発電、石炭ガス化、石炭液化、燃料電池、大型循環流動床ボイラ等の技術研究は、まだ初歩の段階にあり、国外から導入して、これを消化吸收するという状況である。しかし、国外から技術、設備を大々的に導入するのは、コストがきわめて高くなり、中国の国力では受け入れ難いものがある。

こうしたことから、中国は、一方では国外の先進技術に学び、クリーンコールおよび環境保護の領域で、外国の政府、研究機関、企業との協力関係を積極的に求める必要がある。他方では、力量と資金を結集して、国情に適したクリーンコール・テクノロジーを発展させることも当面の急務である。

## 2. クリーンコール・テクノロジーへの挑戦

### (1) 選炭技術

石炭の洗炭、選炭を発展させて、商品炭の品質を高めることは、汚染の抜本的な削減を図るための有効な対策である。中国における 1997 年の原炭洗浄率は 25.73% であった。洗炭、選炭の重点は、コークスを動力炭に転化させることであり、これまでは単純に降灰を重視してきたが、これを降灰と脱硫の両方に着目し、また洗浄されたボタから黄鉄鉱を回収することを重視する方向へと移行した。小口径の重液旋回装置による選炭プロセスと設備は、細粒のスラッシュに対する降灰と脱硫を同時に実現し、0.5~0.04mm レベルのスラッシュを分選する際の無機硫黄脱硫率は、67.90~70.30% である。また、12 m<sup>2</sup> の大型風力乾式選炭装置を採用した 150 万トン/年の選炭工場もすでに稼働している。当該工場の 1 トンあたりの石炭に対する投資額は 4.25 元で、1 トンあたりの石炭加工コストは 2.15 元、選炭効率は 90% 以上となっており、排出される煤塵量 (50mg/m<sup>3</sup>) も環境基準に適合している。また石炭の高度な降灰脱硫という難題を解決する新技術、例えば大口径の三製品無圧フィード重液旋回装置、各種形式の微泡浮選の研究に相次いで成功し、稼働させている。ただし、総体的に見て、中国の選炭技術は、国際的な先進レベルとの比較では、相当の隔たりがある。これは、1 つには原炭の洗浄率が低いこと (中国 25.7%、先進国 90% 以上)。2 つには先進的な選炭プロセスの占める割合が低く (重液選炭の例では、中国はわずか 23%、先進国では 60% 以上である)、精製された石炭の品質が劣っていること。3 つめとしては、平均的な工場が小規模で、自動化レベルも低く、設備の信頼性が劣っていて、生産効率が低いということがある。

### (2) CWM 技術

CWM は石油に代わるものとして、白楊河発電所における 2000 時間の試運転により、CWM を完全燃焼させることを条件とした場合、燃焼効率 > 98%、ボイラ効率 > 89%、ボイラ負荷 40~100% の範囲内で、すべて安定的に燃焼し、重油を燃焼した場合と同等の効果が得られている。鉍区のスラリー燃焼技術も進化している。高灰分 (灰分 41~49%) のスラリーは、10t/h のストーカボイラ燃料に供されている。累計運転時間 2008 時間のボイラの熱効率は、塊炭の単純火格子燃焼による 53.99% から、スラリー添加後は 68% にまで向上しており、燃焼効率は 63.7% から 79.01% にまで向上している。

### (3) 循環流動床 (CFBC)

国外の CFBC 技術は、大型化の方向で発展している。現在フランスでは、単体での容量が最大の CFBC ボイラ (250MW、蒸発量 700 トン/h) を有する発電所がすでに稼働しており、ボイラ効率<sup>1</sup>は 90.5%、脱硫率は 93%、NOX 排出量は 250mg/Nm<sup>3</sup>以下となっている。

中国ではすでに 75t/h の循環流動床ボイラを設計、製造できる能力を備えており、もっかのところは、自国で開発した 20t/h の CFB ボイラのモデルプロジェクトと、410t/h の循環流動床ボイラ導入プロジェクトが進行中である。また、CFB の設計、基礎研究の面でも進展があり、循環流動床の専用設計ソフトが完成している。このほか 125MW 再熱炉型の工事設計研究および新型の 75t/h と 130t/h の循環流動床ボイラの研究設計がおこなわれている。

### (4) 石炭ガス複合発電技術 (IGCC)

石炭ガス複合発電技術 (IGCC) は、現在世界の先進国で大々的な開発が展開されている高効率、低汚染のクリーンコール発電技術である。これは、厳格さを増す環境保護要求を満たすのみならず、発電効率が 45%以上に達することが可能であり、21 世紀の主要なクリーンコール発電方式の一つとなる可能性がきわめて高い技術である。

アメリカの IGCC モデル事業は大きな進展を見せており、Wabash River 発電所の石炭ガス化発電所改造プロジェクトは、システム給電能力 262MW、設計給電効率 38%、脱硫効率<sup>2</sup>>98%となっている。プロジェクトは 1998 年 11 月に商業化モデル運転が完成した。Tampa 電力会社の IGCC 発電所は、システム給電能力 250MW、設計給電効率 40%、脱硫効率<sup>2</sup>>96%となっており、2001 年 10 月に商業化モデル運転が完成する予定である。Pinon Pine IGCC 発電プロジェクトは、システム給電能力 99MW、設計給電効率 40.7%で、2000 年 7 月に商業化モデル運転が完成する予定である。

中国の IGCC のかなめとなる技術研究は、すでに始まっており、これには IGCC プロセス、石炭ガス化、石炭ガス浄化、ガスタービンおよび余熱システムについての主要な技術が含まれている。また、煙台には 1 GW のモデル発電所設備が建設される予定である。

### (5) 石炭ガス化

石炭ガス化技術は、重要なエネルギー転化技術であり、化学工業、冶金、機械、建材、民生用燃料ガス等に広く使用されており、現在全国の 1 年あたりのガス化に使用される石炭量は、約 6000 万トンに達している。

中国に導入された先進的な大型石炭ガス化技術は、いずれも現在運転している。中国の中、小規模のガス化は、塊炭固定床ガス化技術が主体となっており、技術も遅れをとって、効率が低く、汚染が重大であることから、技術改良が急務となっている。導入された先進的なガス化技術は、安定稼働、技術設備の国産化、資金投入および運転効益の面で

も多くの問題があるため、中国の知的財産権を有し、国情に適合した高効率のクリーンな現代ガス化技術を発展させる必要がある。地下ガス化技術は、炭鉱残余炭のガス化試験に応用され、一定の進展が見られている。

#### (6) 石炭液化

石炭液化は、重要なエネルギー石炭転化技術である。中独、中日、中米合作による3つの石炭直接液化工業モデルプロジェクトのF/Sが現在進行中であり、中独合作による雲南先鋒褐炭は、ドイツDMT社のプロセス開発設備により実施された工業条件試験および最良プロセス条件運転試験では、液化油収率が53%に達した。また、中国の固定床水素添加触媒について条件試験をおこなった結果、当該触媒は、ドイツのIGORプロセスに適用できることが明らかになった。モデル工場では、F/Sがすでに完成している。日本の1t/d装置では、中国の依蘭石炭、中国西林単硫鉄鉍触媒、日本の合成硫化鉄触媒による直接液化条件試験がおこなわれ、液化油収率は52%~57%であった。中米合作による中国神華石炭の直接液化F/Sプロジェクトは、第1段階の作業が完了し、アメリカHTI社は小型連続試験装置を用いて神華檜条塔石炭について6つの条件での試験をおこない、HTI社の技術とGel Cat触媒使用による液化油収率は63%~68%に達している

#### (7) 燃料電池

科学技術部は、UNDPのサポートのもとで、現在燃料電池バスモデル計画を推進している。

#### (8) 排煙浄化技術

現在、世界では500台以上の排煙脱硫装置が稼働している。このうちの90%以上(装置の容量に基づいて算出)が湿式脱硫プロセスである。半乾式スプレードライヤー方式、炉内に吸収剤をスプレーする一加湿活性化脱硫プロセスは、ヨーロッパで多く利用されている。流動床燃焼技術は、燃焼過程で、有効的にSO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>の生成を削減することから、重視されてきている。日本は、表面熱処理後の活性炭繊維(ACF)を利用した煙道ガスの脱硫、脱窒の研究、試験をおこなっており、良好な効果を得ている。ACFの利用による煙道ガスの浄化技術は、半乾式酸化型であるが、その長所としては、脱硫、脱窒反応が常温で発生する、副産品である硫酸、硫酸塩、硝酸塩等が連続して回収できるということがあげられる。当該石炭焚きボイラ排煙の脱硫、脱窒技術は、高度な脱硫、脱窒性能を有するのみでなく、用水量が少なく、設備も簡易であることから、現在は実用化に向けての研究が進められている。

中国の大気汚染は日々深刻化しており、排煙浄化技術は、社会の各方面から重視されている。「中日合作電子ビーム排煙脱硫モデル事業」では、すでに累計運転時間が2400時間に達しており、1998年5月28日には、国の竣工検収検査を通過している。このモデル事

業では、成都発電所における 200MW ボイラの 30 万  $\text{m}^3/\text{h}$  の排煙を処理しており、これは、現在世界で運転されている排煙処理量としては、最大の電子ビーム脱硫装置である。この設備の脱硫率および脱硝率は、いずれも 80%と 10%の設計値を超えており、各項目の運転消耗指標は、いずれも設計値を下回っている。このほか、フィンランドの IVO 社から輸入した炉内カルシウムスプレーと加湿活性化複合プロセス、および日本の日立による高速水平流式湿式プロセスが、現在実施されている。外国に既存の脱硫効率の高い成熟技術は、これを導入して、中国が設備設計、運転、管理経験を蓄積するのは有用である。しかしながら、外国の技術と設備は高価であるため、中国の経済力を結集して、中国の国情にあった技術とプロセスを開発し、これを推進すべきである。国内の排煙浄化技術についての基礎研究と中、小型ボイラの排煙浄化技術も、一定の進展がある。脱硫剤の脱硫効率を高めるため、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中に潮解性塩およびアルカリを添加するか、またはフライアッシュ、および  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の水素化合物を吸着剤とする。あるいは、活性コークスまたは活性炭を吸収剤とすることにより、実験室での研究においては一定の成果があった。中、小型ボイラに適する網膜塔除塵脱硫システム、二重衝撃式下除塵脱硫プロセスも初期的な効果をあげている。

#### (9) フライアッシュの総合利用

中国におけるフライアッシュの研究と利用の重点は、大量使用におかれている。例をあげると、コンクリート、橋梁およびダム建築、高層建築の基礎、原子力発電所の防護壁等に混入する等があり、現在建設中の三峡プロジェクトに利用されるフライアッシュの使用量は 133.8 万トンに達する見込みである。さらに大量の使用例は、ハイグレードの道路建設への利用で、この技術はすでに成熟しており、滬寧、京深および京冀道路の建設に広く利用されている。フライアッシュは、このほかにも鉱区の埋め戻し、土壌改良にも利用されている。2000 年には中国のフライアッシュの排出量は 1.6 億トンに達する見込みであり、フライアッシュの利用によりいっそう注力し、利用面積、利用量を拡大することによって利用率を高めなければならない。

#### (10) 炭層ガスの開発、利用

炭層ガスの探査、開発には際立った進展があり、1998 年に山西沁水盆地と東北鶴崗地区で掘削した炭層ガス井は 11 ヶ所で、屯留-003、屯留-006 および屯留-007 では、それぞれ日産  $7000\text{m}^3$ 、 $10000\text{m}^3$ 、 $16000\text{m}^3$ 以上の工業炭層ガスが得られており、基本的な段階で掌握しているガス含有面積は、約  $550\text{km}^2$ である。探査の結果、当該地区は、大型炭層ガス田が形成される地質的条件を具備していることが明らかになった。晋南では、3 ヶ所のガス井が完成し、晋試 1 井からは、日産  $7000\text{m}^3$ の炭層ガスが得られた。現在「中国炭層ガス資源評価プロジェクト」の研究がおこなわれており、六盤水、大華北、東北三江および遼中の 4 ヶ所での基礎的な研究が完了し、全体報告は 1999 年に完成の予定である。

アメリカの TEXCO、PHILIPS、ARCO の石油会社 3 社は、現在、共同で淮北、臨興、三交、三交北および石楼の 5 地区の炭層ガスの探査、開発をおこなっている。5 地区の面積合計は、11216.8km<sup>2</sup>で、炭層ガス資源量は、6535 億 m<sup>3</sup>に達する見込みである。もっかのところは、9 ヶ所の炭層ガス井の探査が完了しており、良好な炭層ガスデータが得られている。

### 3. 火力発電所脱硫技術を中国の現段階におけるクリーンコール・テクノロジーの研究重点とすることについての対策と提言

(1) クリーンコールのかなめとなる技術研究を大々的に展開し、国民経済の発展における重大な環境問題の解決

「第九次 5 ヶ年計画」および 2010 年発展要点において、石炭部はクリーンコール・テクノロジーの発展を主たる戦略目標の 1 つと位置付けている。技術を成熟させて、環境保護を速やかに図るために、中国では、2010 年までにクリーンコール・テクノロジー発展計画を 3 つのレベルに分けて実行するとしている。1 番目は、一連の技術を成熟させ、短期間のうちに、石炭排煙による汚染を著しく改善できる技術を推進することである。これには、選炭、ブリケット、排煙脱硫等の技術がある。2 番目は、20 世紀末から 21 世紀初頭にかけて、加圧循環流動床発電、大型循環流動床、工業ブリケット等の商業化されたひとつの技術モデルを示す。3 番目は、スタートポイントが高く、長期的な発展に影響を与え、戦略的意義を有する技術を研究、開発することで、これには、石炭液化、燃料電池等がある。「第九次 5 ヶ年計画」期間には、国情に適したクリーンコール・テクノロジーを推進し、国際的な先進技術を開放してこれをフォローし、2010 年までには、クリーンコール・テクノロジーの主な領域を国際水準に近づけるとともに、広範囲にわたってこれを応用するものとする。ここ数年の間には、選炭、動力炭、排煙浄化、循環流動床燃焼、石炭ボタ発電または総合利用等の技術が、幅広く応用発展されるであろう。

こうしたことから、中国の科学研究機関または企業は、このチャンスを捕らえて積極的にクリーンコール・テクノロジー市場に参加してこれを開発し、自らの実力と技術実用化の状況に基づいて、実際の市場開発に注力し、現段階で実現可能な商業化、工業化された技術と設備を開発するものとする。また、長期的な観点からは、将来的な潜在市場に着目して、大きな発展ポテンシャルのある、高効率で先進的な技術を開発するための技術を蓄積し、21 世紀初頭クリーンコール・テクノロジーの発展期が到来した時には、市場競争に参加できるようにする必要がある。

(2) 中国独自の知的財産権を有する環境保護ハイテク製品と環境保護産業市場を育成

中国のクリーンコール・テクノロジー市場は、きわめて大きな誘引力と発展ポテンシャルを秘めている。アメリカのエネルギー専門家の予測によれば、2000 年には、全世界のク

リーンコール・テクノロジー市場は、2700億ドルに達し、その主な市場は中国であるという。現在、アメリカ、日本およびドイツは、こぞって中国のこの巨大な市場に着目しており、中国がすみやかにリーンコール・テクノロジーの産業化を実現しなければ、この巨大な市場を他者に譲ることになる。したがって、中国によるリーンコール・テクノロジーのかなめとなる研究を強化すると同時に、すみやかに科学技術成果を転化して、中国における環境保護ハイテク産業の発展を促進しなければならない。中国の脱硫技術についていえば、国内で自主的に研究されている複合衝撃湿式脱硫除塵、アンモニア法脱硫および固形廃棄物による吸着剤の総合利用等の技術は、いずれもすでに完成しているが、国がこれに対応する政策を打ち出して推進しなければ、これらの技術は、実験室から表に出ることができないであろう。

### （3）国際交流と技術協力を強化して、中国におけるリーンコール・テクノロジーの発展を促進

中国の巨大なリーンコール・テクノロジー市場を目の前にして、中外合作プロジェクトが盛んになっている。日本は、北京、成都、太原、山東黄島等で、CWM、発電所脱硫技術合作プロジェクトを実施しており、フィンランドの循環流動床ボイラ技術は、すでに四川内江安家にあり、中ドイツ、中アメリカも頻繁にコンタクトしている。中国はこのチャンスを捕らえて、導入した技術の消化、吸収を促進することにより、中国におけるリーンコール・テクノロジーの水準は、ハイスピードの向上と発展を遂げることができよう。

### 第3章 中国のエネルギー産業と技術

#### 1. エネルギー産業と政策

##### (1) エネルギー消費の動向

中国は世界第3位の石炭資源を有しており、一次エネルギー消費に石炭が占める割合が70%に達する石炭大国である。その中、発電により約40%が消費されている。

中国は1998年時点で発電設備容量は2億7700万kW、発電電力量は11億5000kWhに達する世界第2位の発電大国でもある。(その中、火力発電機は発電設備容量で76%、発電電力量で81%を占めている。)しかしながら、13億の人口を抱えるため、一人あたりの発電設備容量は0.21kW(世界85位)、一人あたりの電力消費量は年間900kWh(世界平均の1/3)と低水準である。そしていまだ6,000万人が未点灯地域に住んでいることから、今後も経済成長に伴い電力消費量は大きく伸びると予想されている。発電設備は2010年には現在の約2倍の5億kWに達し、この増設分の約70%は石炭火力を予定していることから、今後とも主要エネルギー源として石炭の重要性は変わらないと言える。

##### (2) 大気汚染の状況

環境問題の中でもエネルギー利用に起因する大気汚染が深刻な状況になっている。経済活動の拡大と共にエネルギー消費(石炭消費)が増大しているからである。石炭消費量の増加に伴い、石炭燃焼により排出される二酸化硫黄の量が増えており、多年に渡って2,000万トンを超える状態が続いている。二酸化硫黄排出量で中国は世界一となり、酸性雨や二酸化硫黄汚染が日増しに深刻になっている。中国の酸性雨は、80年代には西南部のわずかの地区に見られただけであったが、現在では揚子江以南、青藏高原以東、四川盆地の大部分の地区にまで拡大し、降水のpH値が5.6未満(酸性雨判定の国際基準)未満にまで悪化しているの地区の面積は、既に国土面積の30%を占めている。

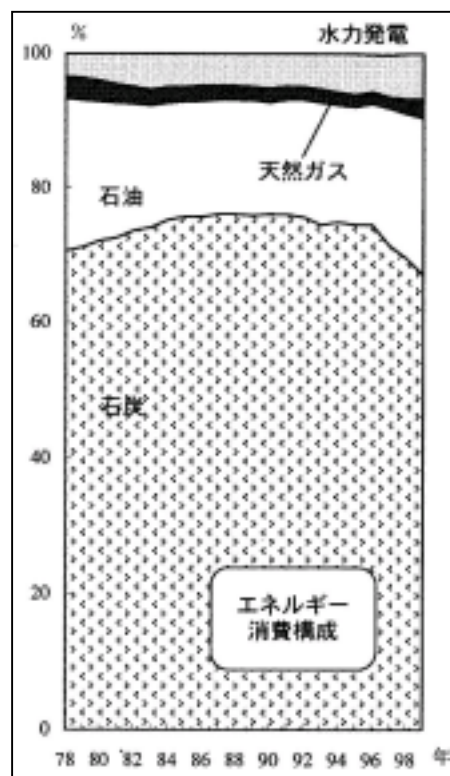


図3-1. エネルギー消費構成

(出所) 中国統計摘要



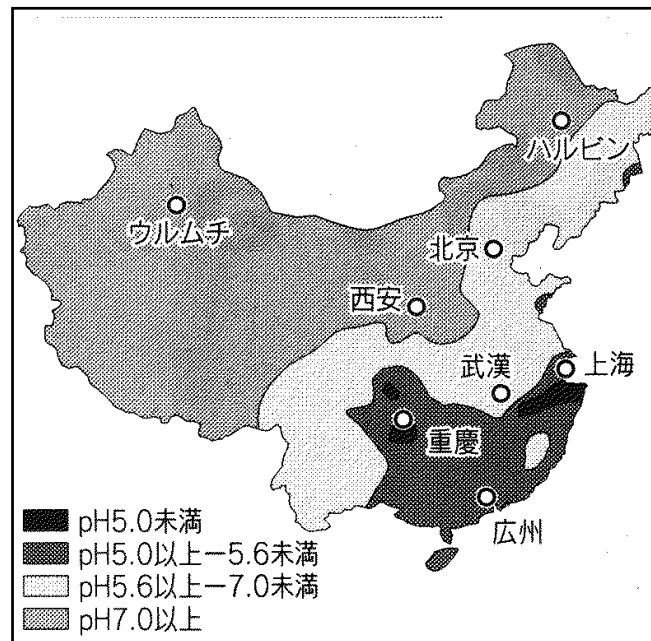


図 3-2. 中国の酸性雨状況 (1999 年)

#### ◇火力発電所の二酸化硫黄排出状況

1998 年の全国の二酸化硫黄総排出量は 2,090 万トンで、火力発電所から排出された二酸化硫黄は約 780 万トンで、37%を占める。その内、国家電力公司傘下の 6,000kW 以上の火力発電所からの二酸化硫黄排出量は約 500 万トンで、全国の二酸化硫黄排出量の 24%を占める。今後何の規制も行わないなら、2010 年に中国の火力発電所から排出される二酸化硫黄量は全国の二酸化硫黄排出量の 60%を占めるようになるものと予想され、その対策が急務となっている。

## 2. 大気汚染対策の動向

### (1) 環境投資の拡大

中国政府は環境対策として 1999 年、国内総生産 (GDP) の約 1%にあたる 823 億元 (約 1.2 兆円) を支出したが、経済成長の原動力となっている沿海都市部の生活環境に密接な下水道プロジェクト、ゴミ処理、自動車排ガス規制などを先行させているため、内陸部の重厚長大型の国有企業における対策は遅れており、重慶などの内陸都市の大気汚染は特に激しい。酸性雨の抜本対策となる石炭火力発電所への脱硫装置の設置や、天然ガスへの転換のペースも緩慢な状況である。

しかし、環境投資は 1998 年以降急増しており、従来 GDP の 0.6%程度から 2000 年 1.0%に到達した。今後の成長に伴う環境投資に加え、過去に回避した環境投資にも対応せざるを得ないことから今後 20 年以上は増加トレンドと見られる。

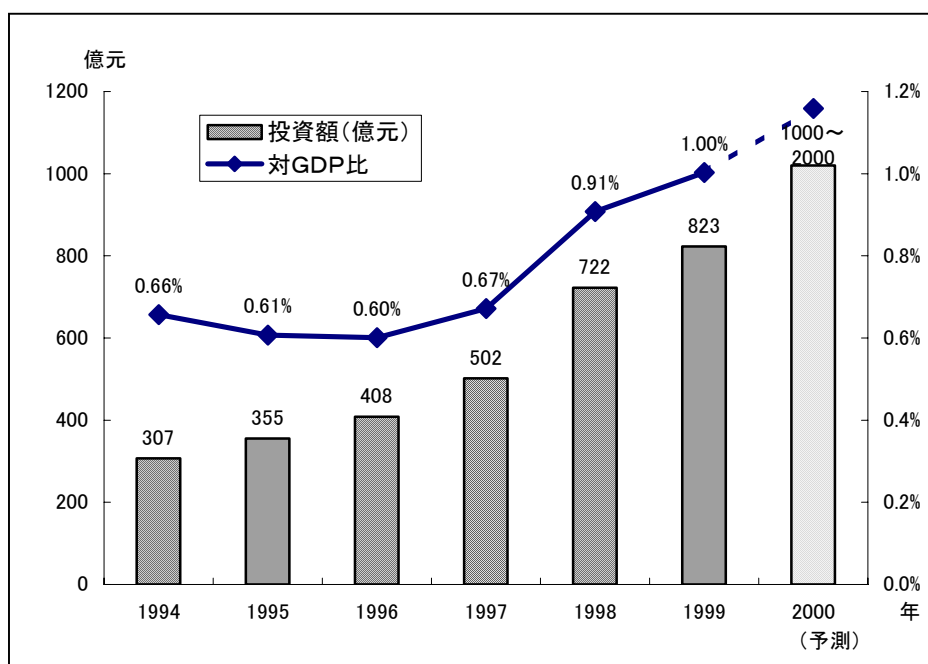


図 3-3. 中国の環境汚染防止投資額と対GDP比

(出所) 中国環境年鑑

## (2) 汚染物排出基準

《火力発電所大気汚染物排出基準》(GB13223-1996)は、火力発電所から排出される二酸化硫黄について、幾つかの時期に分けて規制基準を提出している。それによると、1997年1月1日以降に環境影響報告の審査が行われる火力発電所の新規、拡張、改造事業においては、総量規制が実施されるほか、煙突からの二酸化硫黄排出濃度制限も実施される。また“酸性雨と二酸化硫黄汚染を両方とも規制する地区(両方規制地区)”では、石炭中の硫黄含有量に応じた規制水準が定められた。それによると、石炭中の硫黄含有量が1%を超える場合、最高許容排出濃度が $1200\text{mg}/\text{Nm}^3$ と定められ、1%以下の場合には $2100\text{mg}/\text{Nm}^3$ と定められた。両方規制地区では、発電所で使う石炭中の硫黄含有量が1%を超える時は、脱硫しなければ排出基準に達しない。また石炭中の硫黄含有量が1%以下の発電所では、当該発電所に許容される排出総量とローカルな規制総量、それに現地の環境基準を参考にして、環境影響評価を行った後、脱硫するかどうかを確定することになる。

1995年に改訂された《中華人民共和國大気汚染防止法》には、以下の規定がある。

酸性雨規制地区と二酸化硫黄汚染規制地区内で二酸化硫黄を排出する火力発電所やその他の大中型企業においては、新規プロジェクトに該当し、かつ低硫黄炭を使用できない場合、脱硫・除塵装置を付帯させるか、或いはその他の二酸化硫黄排出抑制、除塵対策を採るものとする。既存企業が低硫黄炭を使用しない場合、二酸化硫黄排出抑制、除

塵対策を採るものとする。国は、企業が先進的脱硫、除塵技術を採用することを奨励する。

また、国務院は《酸性雨規制地区及び二酸化硫黄規制地区における関係する問題についての回答》(国函[1998]5号)の中で、火力発電所の二酸化硫黄排出について、次のような明確な要求を提出している。両方規制地区の発電所は、2000年末までに排出基準を達成しなければならない。暖房用熱供給を主目的とする熱併給火力発電所を除いて、大・中都市の市内及び近郊では、石炭燃焼火力発電所の新設を禁止する。硫黄含有量が1%を超える石炭を燃料とする発電所の新設、改造に際しては、脱硫施設を設けることを義務づける。硫黄含有量が1%を超える石炭を燃料とする既存の発電所は、2000年までに排出削減対策を採ることを義務づけるとともに、2010年までに脱硫施設を建設するか、或いはその他同等の効果のある二酸化硫黄排出削減対策を採ることを義務づける。

### (3) 電力産業の対応

電力産業は、ユニットの大容量化、クリーンコール燃焼技術の導入、水力と原子力開発の加速など環境改善措置を積極的に講じてきたものの、石炭火力を主とするエネルギー資源構造上の問題、技術開発と設備投資に要する資金等の問題が解決されていないことから、汚染物質の排出抑制は、国際基準はもとより中国の国家環境基準を達成するにもまだ相当の時間を要すると考えられる。電力産業にとって今や環境問題は、運営と発展を制約する要因の一つとなっている。

中国の大気汚染は、主に電力産業による石炭火力の二酸化硫黄放出に起因している。総量規制により、電力産業は、2000年までに二酸化硫黄を約300万トン、2001～2005年に約150万トン、2006～2010年に約200万トンを低減させなければならない。そのため、国家電力会社の環境保全ワーキンググループは以下のような8項目を骨子とする「二酸化硫黄排出規制行動計画」を打ち出した。

- (1) 2000年までに全ての中小型復水式火力を廃棄する。
- (2) 二酸化硫黄排出基準を超えた既設火力は、ユニット毎に計画を立て、2000年までに基準に達するよう措置を講じる。
- (3) 硫黄分が1%を超える石炭を使用する発電所の内、新設のものは脱硫装置を導入しなければならない。既設のものは2000年までに二酸化硫黄軽減措置を講じ、2010年までに脱硫装置または同等の効果のある二酸化硫黄軽減装置を導入しなければならない。建設中のものは脱硫装置の導入計画を立て、実施に移さなければならない。環境基準を満たさなければ運転が許可されない。
- (4) 大中都市の市内と近郊にある既設火力が1%を超える高硫黄炭を利用している場合

には、低硫黄炭に換えるか、脱硫装置を採用しなければならない。

(5) 小火力を除却し熱効率のよい大容量ユニットに建て替える作業を速める。

(6) 新設石炭火力のフイージビリティースタディ(F/S)と環境評価報告書には、二酸化硫黄の地域排出総量と発電所排出総量に関する分析を含めなければならない。

(7) 返還される汚染排出課徴金は全額二酸化硫黄の処理に使用しなければならず、流用してはならない。

(8) 排煙脱硫設備の国産化を積極的に促進する。

## 第4章 日中間の技術移転をより効果的に行うための方策

脱硫技術は、海外からのプロジェクト等による実証研究の段階にある。研究は80年代から実施しているが、中国の国土は広大であり、各地区で経済条件、石炭の品質、石灰石資源、環境保全の要求等が異なる。このため、中国では世界で使用されている多くの脱硫技術を導入しており、中国にとって将来どのような脱硫方式が適切か、技術導入先を模索している状況と言える。

中国で既に実施された脱硫装置のモデル事業は、日本の技術が過半数を占めているが、ドイツ、フィンランド、ノルウェー等の企業も積極的に展開している。

また、炉内脱硫が可能なボイラー（循環流動床ボイラー）の技術については、欧米からの技術導入と国内の大学からの技術移転により、小型のものは既に国産化可能となっている。日本からは、グリーンエイドプランにより粗悪燃料の燃焼可能な循環流動床ボイラーを技術輸出しているが、現在のところ普及はしていない。

日本は中国に対して、様々な環境保全に関する技術協力を実施してきた。しかし多くのプロジェクトを実施している割には、欧米のプロジェクトと比べて高い評価が得られているか疑問視されている。日中の環境保全技術移転関係者へ、技術移転促進のための方策について聞き取り調査を行った結果、以下の取り組みが求められていることが分かった。

### 1. 日本側に求められる取り組み

#### (1) 環境装置のコスト低減

日本の環境基準は世界でも最も厳しい水準となっていることに加え、日本社会も、法体系で定められた環境基準を超えたレベルの環境対策を求めようになっているため、日本企業は、このような社会的要求に適合する高度な環境装置・技術を開発・生産している。しかしながら、このような高度な技術は、途上国の実情に照らしてオーバースペックとなる場合が多く、各国の実情に適合する仕様にスペックダウンしてコスト低減を図るとともに、中国の脆弱な技術基盤に適合したメンテナンスフリーを実現する等、簡易型の技術を開発・普及することが必要である。

また、環境装置のコストを押さえるためには、材料、部品等をできる限り現地で調達することも有効な方策である。このため、地元企業の人材育成等を通じた技術移転を積極的に進めていくことにより、部品調達、ユニット生産等を現地で行うことが必要である。さらに、地元企業との共同等により、現地生産を進めていくことも求められている。

#### (2) 中国向け技術の開発・普及

中国では日本で経験したことのないような粗悪燃料を使う場合があるので、排煙ダスト濃度があまりに高く、日本から持っていった高性能機器が機能しなかったり、石膏や肥料

等の副産品が使えなかったりすることが多い。そのため、完成していない技術を持ってきて、中国で試験をしているように受け取られている。信頼される技術の提供が必要である。中国において環境装置・技術を普及させるためには、コスト削減、ニーズ対応等の観点から、低コスト・簡易型の中国向け技術の開発・普及が不可欠である。

### (3) 技術協力

モデル事業であっても、日本から装置を持ってきて、自分たちだけで据え付けていくだけで、現地技術者とのコミュニケーションも不足がちなので、中国側では技術が学べないといった不満を抱いている。また、現地の事情にあった建設をしないと、引き続きプロジェクトがあった場合コストダウンにつながらないと受け取られる。

日本の技術は欧米より安価な場合もあるが、部品が中国で調達できないことにより運転が継続できないこともあり、結果として高くつく事例が見られる。プロジェクト終了後、アメリカ企業にメンテナンスを依頼している事例もあった。これは現地企業を作ってアフターサービスを向上させるか、国産化のための協力を進める必要があると思われる。

このような事例が、中国側に悪い印象を与えて、次のプロジェクトは日本以外からと考えるプロジェクト担当者を増加させることになる。近い将来、環境技術に対する需要は急増すると思われ、既に中国は環境技術の見本市状態となっていることを忘れてはいけない。

日本は、中国に対し、「人造り」と「国産化」にも目を向けた環境技術協力が必要である。中国自身の環境対策の実効性を向上させるため、環境規制の実効性向上の必要性に係る協議、グリーン・エイド・プラン事業等の成果普及方策のあり方に関する検討、日本からの政策パッケージの提案、個別事業に対する評価等が必要と思われる。

中国側は技術者レベルの交流だけでなく、政策レベル・経営レベルの協力ができる人材の長期交流を求めている。

### (4) ユーザー・テクノロジーの商品化

中国では技術の国産化政策を採っており、外国からの導入技術は脱硫装置など、国内にない技術が前提となっている。また、次の段階では、その技術に対しても国産化を目指している。従って製造技術・ノウハウの提供は、一時的になる可能性があることに留意する必要がある。中国には世界中から技術の売り込みが行われているため、技術・ノウハウのパッケージソフト化を図るなどの、ユーザー・テクノロジーの商品化が必要である。欧米は極めて高額なテクノロジーの売却を中国において行っており、その額は欧米の国内市場と同じ価格であることが多いと言われている。

また、政府資金を活用した同種技術が複数の企業から移転されているが、過去の経験を活かすため、プロジェクト毎に結果を評価し情報公開することが大切である。この点で日本企業がノウハウのドキュメント化を進め中国へ販売することは企業自身にとっても利益となる可能性がある。

## 2. 技術移転への要請

### (1) 日中間の技術移転の動向

日本から中国への新規の技術輸出件数\*をみると、1997年度以降中国は米国に次ぐ技術輸出先国となっている。1997年度には通貨危機の起こった韓国、タイ、インドネシアで大きく落ち込んでいるが、中国は落ち込みが小さく、1998年度には大きく回復している。日本の企業は、東南アジア諸国の人件費の上昇や中国の対外改革開放政策等に伴って東南アジア諸国から中国へ投資をシフトさせており、それに伴い技術輸出の案件も対中国が増加しているものと思われる。

科学技術政策研究所の「日本の技術輸出の実態」は、民間企業が外国との間で締結した新規の技術輸出契約について、輸出件数・契約形態・対価の受取方法等について多面的な分析を行ったものであるが、92～98年度データを見る限り、中国に対する商業ベースの環境保全関係の技術移転はほとんど行われていない。商業ベースでの技術移転は行われていないが、政府借款等を活用した技術輸出は行われており、各企業は中国への技術移転の今後の可能性を探っている状況にあるといえる。

(\*注) 技術輸出件数

資本金10億円以上の民間企業が外国との間で行った工業所有権(特許・実用新案・意匠・商標)及びノウハウ(ソフトウェアを含む)に関する権利の譲渡、使用権の設定や技術指導の件数のこと。ここでは、行った技術輸出契約件数のこと。

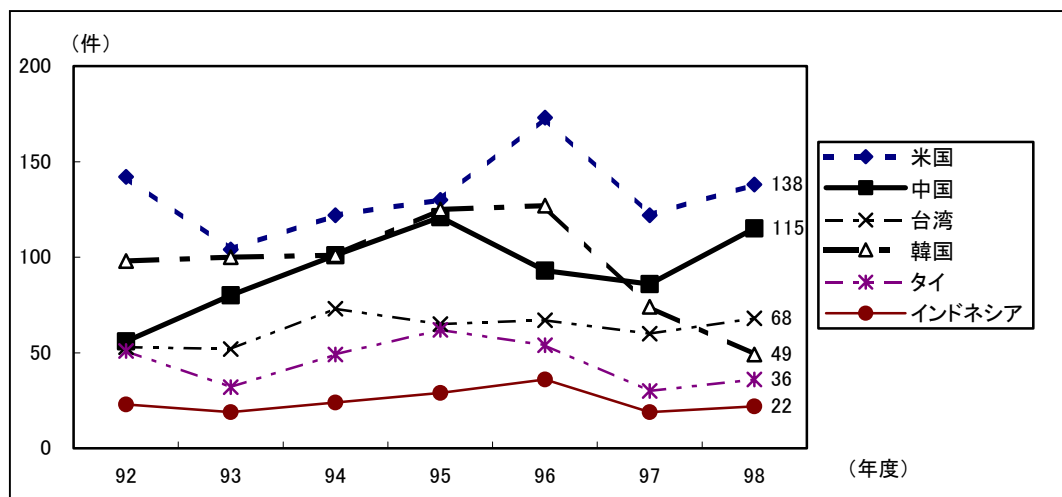


図 4-1. 日本における技術輸出件数の推移

(出所) 日本の技術輸出の実態

次に、中国における技術導入件数の推移をみる。中国における技術導入の定義は、日本のものと異なり、プラント、設備等の輸入が含まれており、統計の中に数えられている。

従って、中国側の技術導入に関する統計については、日本の統計と差があることを念頭に置かなければならないが、1995年度には日本は米国に次ぐ技術導入の多い相手先国となっている。また、技術移転と関係の深い直接投資額をみても実行額では米国に次いで2番目に多い相手先国（香港・マカオを除く）となっている。

科学技術立国を目指す日中両国は、隣国であるだけでなく、科学技術の面でも密接な関係にあり、お互いどう付き合うかは、米国とどう付き合うかと同じ様に両国にとって重大事であるといえる。

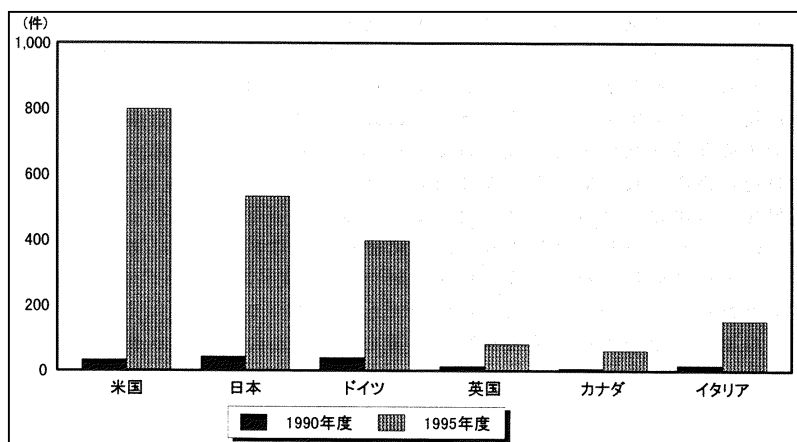


図 4-2. 中国における技術導入件数の推移

(出所) 日中の技術移転に関する調査研究

国・地域	1999年		
	件数	契約金額	実行額
香港・マカオ	6,156	137.6	166.7
米国	2,028	60.2	42.2
台湾	2,499	33.7	26.0
日本	1,167	25.9	29.7
シンガポール	503	22.6	26.4
バーミン諸島	495	34.9	26.6
韓国	1,547	14.8	12.7
イギリス	230	10.9	10.4
ドイツ	196	9.4	13.7
フランス	110	4.7	8.8
全世界合計	16,918	412.2	403.2

図 4-3. 対中国直接投資状況

(出所) 中国経済データハンドブック



## 第5章 技術移転と産業

### 1. 中国の技術移転の状況

現在、中国の火力発電所の排煙脱硫設備は、大部分が外国からの輸入設備で、国内で基礎工事と取付工事を行っている。国外では、石灰石(石炭)－石膏湿式脱硫工程の設備メーカーが現在、おおむね 80～90 米ドル/kW で、商業競争と商談の進め方によっては、70～80 米ドル/kW に抑えることができる。これに国内業者が担当する基礎工事・取付工事や公租公課、その他の費用を合わせて、工事投資額は約 120～140 米ドル/kW になる。外国の技術や設備を使えば、平均価格は 1000～1200 元/kW(人民幣、以下同様)にもはね上がる。国産化を実現すれば、これを 700 元/kW 以下に抑えることが可能になる。石灰石(石炭)－石膏湿式脱硫工程の国産化に成功すれば、30 万 kW の発電機一台につき約 9000 万元の投資が節約できる。既に外国から脱硫設備を導入した発電所では、部品・スペア類を全て外国から輸入する必要がある、それにより運転コストがかさみ、しかも部品・スペア類を注文してから実際に届くまでに時間がかかり、設備の正常な運転に支障が出る場合もある。従って、どうしてもその国産化を急ぐ必要がある。

国産化事業の委託先を見つけるのが困難である。第一に、国産化事業を受託する企業は“試験、研究、改良”等の方面で、自からリスクを引き受けなければならず、大抵の企業は国産化任務を引き受けたがらない。火力発電所で実施される排煙脱硫設備導入プロジェクトの多くは、ハード面に重点がおかれ、ソフト面が軽視され、技術の消化吸収や創造が軽視されている。多くの導入プロジェクトは、設備を購入する段階にとどまっており、設計や製造技術を導入していない。“技術・貿易結合”方式で導入される技術も、二次的開発や創造を重視しておらず、そのため、国産化が難しい。

工事の請負能力が劣る。国産化のカギは、システム設計技術や設備のプラント化能力を掌握できるかどうかにかかっている。しかし現在、国内にはまだシステム設計、設備プラント、施工、取付、調整試運転、管理といった一連のサービスを一括して提供できるエンジニアリング会社がない。脱硫技術は、海外からのプロジェクト等による実証研究の段階にある。研究は 80 年代から実施しているが、中国の国土は広大であり、各地区で経済条件、石炭の品質、石灰石資源、環境保全の要求等が異なる。このため、中国では世界で使用されている多くの脱硫技術を導入しており、中国にとって将来どのような脱硫方式が適切か、どこから買うか試行している状況と言える。

中国で既に実施された脱硫装置のモデル事業(表 5-1)は、日本の技術が過半数を占めているが、ドイツ、フィンランド、ノルウェー等の企業も積極的に展開している。

また、炉内脱硫が可能なボイラー(循環流動床ボイラー)の技術については、欧米からの技術導入と国内の大学からの技術移転により、小型のものは既に国産化可能となっている。日本からは、グリーンエイドプランにより粗悪燃料の燃焼可能な循環流動床ボイラーを技術輸出しているが、現在のところ普及はしていない。

中国の貿易に関係している諸制度は、国際慣習よりもかなり自国に優位に技術を導入するような体系になっている。技術導入に関連している諸制度を国際標準に近づけるためには、「外国企業から移転された技術やノウハウは、正当に評価し、技術ロイヤルティを適切に支払う。」「外国企業が、直接投資で進出し、正当な利益を上げた場合、投資に見合う回収が速やかに行えるように、税制を始めとする諸制度を見直す。外国企業が、移転した技術に関する義務や権利を国際慣行並にするように、技術導入契約管理条例及び同条例施行細則を見直す。」ことが求められている。

## 2. 欧米日の技術移転モデルの比較

今回の研究では、日本が中国に対し技術移転を十分に行っていない旨の指摘があった。欧米は技術移転に際して、技術資料、マニュアル、契約条件等の整備を十分に行う。そして実際の移転作業は、現地法人の中国人もしくは欧米在住の中国人に任せるといった方法で技術移転を行う。それに対して、日本は日本で実際にその技術を担当している人材が技術移転の主体となる。この結果、技術担当者は、失敗する可能性が少ない中国の実情に合ったなおかつその後のアフターサービスが少ない技術、相対的に低い水準の技術を選びがちになるともいわれる。欧米では技術のメニューを用意するまでが欧米側企業の責任で、選定は中国側担当者が自己の負担能力で判断する。したがって、失敗も不満も原則として欧米側企業の責任ではない。このような欧米と日本企業の経営行動の差についても分析する。

欧米企業はドキュメント化の進展とその販売額の大きさが企業経営の評価基準の1つとなっている。中国企業に対して、欧米企業は正当な対価としてドキュメントを販売し、そのドキュメントに基づく技術移転のコンサルタント料を要求する。このドキュメントとコンサルタントの対価は、中国国内と欧米では同額である場合が多く、中国企業にとって高額であるがその支払いに応じる場合が多い。

これに対して日本企業から技術移転を受ける場合は、人間関係によらなければならない。日本企業は技術者を中国へ派遣して来るので、その技術者から学習することで、時として極めて安価に技術が移転される。しかし多くは言語等の障害もあって、移転が十分には進まない。

また中国企業では日本企業と異なり定着率が低いため、暗黙知レベルでの伝承による技術移転は将来大きな困難を企業にもたらす。技術移転を受けた人間が中国語によるドキュメント化を試みないで退社してしまえば技術移転は失敗したことになる。この点で日本企業の技術のドキュメント化の遅れが技術移転の大きな障害となっている。

日本型技術移転モデルは、欧米と異なり、技術移転を行う主体は現在技術を開発し、製造作業に従事している人材である。これはクラインとローゼンバーグのチェーン・リンクト・モデル（日本型研究開発）の特徴が反映している。日本型研究開発はフィードバックモデルで、知識、情報はトップダウンで、一方向だけに流れる古典的なリニアモデルとは

異なる。古典的モデルである1970年代までに米国、欧州における研究開発の主流であったリニアモデルは研究フェーズを段階的に進めていく点に特徴があり、フィードバックは原則として行われない。

リニアモデルは知識、情報の流れが一方向のため、形式知が形成しやすく、モジュール化も分業も容易である。したがって、欧米型の技術移転はこのリニアモデルから下流工程を分離する形で行われる。ここでは研究開発の主役である企業のコア人材である研究者、技術者は当然のことながら、より低水準の技術移転にかかわることは経済的にも合理性を持たない。より人件費の安い人材の活用が図られる。そこで、多くは現地の人材、留学生の活用という方策になる。

エネルギーに関する研究開発は欧米において、その「研究開発のリニアモデル」は国家政策を中心としたビッグプロジェクトである。セブンシスターズ等の石油メジャーと軍事産業を背景とし、GEといった巨大企業が参加する。電力会社の環境対策も含めた研究開発はそのビッグサイエンスの一環であり、多くの研究開発主体はその技術知識、情報を他の研究開発主体が理解しやすい形式知にして保存、伝達することが期待されている。それができない研究開発主体は、ビッグプロジェクトから排除される。知識・情報の共有化、データベース化が進むとともに、同時に守秘義務、特許政策がそのビッグプロジェクトを支配する。

このビッグプロジェクトの下流工程として、中国等への技術移転が決定される。したがって、これは形式知をどこまで移転するかの純然たる政治、経済行為であり、国益と利益の狭間で移転される。

それに対し、日本型モデルはフィードバックモデルであり、研究開発プロジェクトは多くの分岐、フィードバックをとともなう極めて複雑なものとなる。そのプロジェクト遂行中においては、連続的に知識は更新され、定まることがない（このモデルは現在において世界の企業で高い評価を受けており、2001年現在世界の研究開発の主流となっている）。この定まらない知識はプロジェクトにおける柔軟性を高めるが、知識は形式知になりがたい。したがって、下流工程である技術移転を切り離すことが困難となる。つまり、どのレベルで技術が固定するかはプロジェクトの中心であるトップの人材しか分からない。知識は有機的に繋がっており、切り離すことは困難である。伝達困難な暗黙知にたよるところも多い。したがって、チェーン・リンクト・モデルでは技術移転は困難な問題となる。これは日本において技術移転とは極めて困難な作業となることを意味している。

したがって、欧米のように技術移転はより低レベルの作業ではなく、主力技術者を削ぐ作業になる可能性がある。この結果技術移転の対象となる技術は主力技術者を削いても問題が起こらない水準の技術となり、多くは最先端技術ではなくなる。最先端技術に関して主力技術者を社内から削いで中国への技術移転業務へ転出させれば、最先端技術が国内空洞化することになるからである。

### 3. 事例研究—日中間の脱硫技術移転の動向

#### (1) 脱硫技術の海外からの導入状況

石炭火力の NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）排出基準は 1996 年 3 月に正式に施行された。低 NO<sub>x</sub> 燃焼バーナの製造技術は 1980 年代の半ばと後半に大容量石炭火カユニットの輸入と同時に導入された。その技術を踏まえて、中国の石炭の品質、微粉炭の特徴に合わせて低 NO<sub>x</sub> 燃焼システムが開発されてきた。現在低 NO<sub>x</sub> 燃焼システムは一般的に国産の大容量ユニットに利用されている。しかし、二酸化硫黄の排出は、脱硫技術の開発が遅れているため、これまで有効には抑制されていない。

中国は、1970 年代の半ばから石灰—石膏法、亜ナトリウム循環法、活性炭法、磷酸アンモニア法、ロータリースプレー式乾燥法などの脱硫工法を研究し始めた。1980 年代の半ばから四川白馬発電所で中国初のロータリースプレー式乾燥法による脱硫試験装置を建設し、1991 年に運転を開始した。1991～1995 年の第 8 次五カ年計画期に、また山東省の黄島発電所でロータリースプレー式乾燥法脱硫装置、山西省の太原第一発電所で簡易湿式石灰—石膏法、南京下関発電所で炉内カルシウム噴霧法、四川省の成都熱電所で電子ビーム法排煙脱硫装置、深圳西部発電所で海水脱硫装置などの実験を行ってきた。しかし、これらはいくまでも実験段階にとどまっており、特に国産大型火カユニットの排煙脱硫設備は技術上の問題がまだ解決されていない。また、資金が不足しているため、海外からの排煙脱硫装置や技術の輸入も難しい状況にある。

日本からのプロジェクトは表のとおり多いが、四川成都熱電所の電子ビーム法脱硫装置を除いたすべてが、グリーンエイドプラン等公的資金を利用しており、民間企業単独の直接投資および技術輸出契約は行われていない。

現在中国では、国情に合致した低汚染型ボイラー技術として、サーマル NO<sub>x</sub> 抑制と脱硫効果がありかつ低品位炭の燃焼も可能となっている、循環流動床ボイラーの開発を積極的に推進している。中国国内の研究機関および海外（欧米）からの技術導入により、すでに 19 の中国のボイラーメーカーにおいて循環流動床ボイラーの製造が可能となっている。

1999 年、国家電力公司是脱硫技術の産業化と脱硫装置の国産化を主業務とする龍源電力環境保護公司を設立した。同社は既に湿式脱硫技術をドイツから技術導入してその国産化に着手している。一方、高硫黄炭のクリーン燃焼を実現するため、循環流動床技術の開発を進めている。97 年に、国産の 75 トン/h 循環流動床ボイラーは 97.6%の燃焼効率と 88%の熱効率に達した。その後、内江発電所で 410 トン/h の常圧循環流動床の実験に成功した。今後、国家電力公司是、これまでの技術進歩を踏まえて、政府の支援の下で循環流動床ボイラーの大型化と国産化に踏み切る方針である。このほか、IGCC モデル発電所の建設も増やしていく計画である。

表 5-1. 運転中の脱硫設備と循環流動床ボイラー（電力）

名 称	設備容量 (万 kW)	採用した脱硫法	運転状況	技術導入 相手先国
四川白馬発電所	2.5 相当	ロータリースプレー式 乾燥法	1991 年運開	国産技術
重慶珞璜発電所 1 期	36×2	湿式石灰－石膏法	1993 年運開	日本
山東黄島発電所	10 相当	ロータリースプレー式 乾燥法	1994 年運開	日本
山西太原第一発電所	20 相当	簡易湿式石灰－石膏法	1996 年運開	日本
四川高壩発電所	10	循環流動床	1996 年運開	フィンラ ンド
四川成都熱電所	10 相当	電子ビーム法	1997 年運開	日本
深圳西部発電所	30	海水脱硫法	1999 年運開	ノルウェ ー
南京下関発電所	12.5×2	炉内カルシウム噴霧法	1999 年運開	フィンラ ンド
重慶珞璜発電所 2 期	36×2	湿式石灰－石膏法	1999 年運開	日本
重慶発電所	20×2	湿式石灰－石膏法	2000 年運開	ドイツ
浙江半山発電所	12.5×2	湿式石灰－石膏法	2000 年運開	ドイツ
北京第一熱電所	10×2	湿式石灰－石膏法	2000 年運開	ドイツ
貴州貴陽発電所	5	集じん脱硫一体型法	2000 年運開	日本

表 5-2. 運転中の脱硫設備と循環流動床ボイラー（一般産業）

名 称	採用した脱硫法	運転状況	技術導入 相手先国
山東濰坊化工廠	簡易脱硫装置	1997 年運開	日本
広西南寧科学工業集团公司	簡易脱硫装置	1997 年運開	日本
四川長寿化工廠	簡易脱硫装置	1997 年運開	日本
湖南湘氮実業有限公司	簡易脱硫装置	1999 年運開	日本
北京房山服装集团公司	循環流動床	1999 年運開	日本
山東淄博鋁務局嶺子炭鋁	循環流動床	1999 年運開	日本
山東棗莊鋁務局紫里炭鋁	循環流動床	1999 年運開	日本
遼寧錦州熱電莊公司	循環流動床	1999 年運開	日本
吉林遼源市熱力能源公司	循環流動床	1999 年運開	日本

表 5-3. 建設中または F/S の審査をパスした脱硫設備と循環流動床ボイラー

名 称	設備容量 (万 kW)	採用した脱硫法	運転状況	技術導入 相手先国
陝西韓城第二発電所	60			日本
福建漳州後石発電所	60×2	海水脱硫法		台湾
江蘇望亭発電所	30	湿式石灰－石膏法		
上海石洞口発電所	30			
上海外高橋発電所	30×2			
広西柳州発電所	20×2			日本
広東沙頭発電所	30	湿式石灰－石膏法		
山東青島発電所 2 期	30×2	湿式石灰－石膏法		
湖北荊門発電所	20×2	湿式石灰－石膏法		
四川内江白馬発電所		循環流動床		フィンラ ンド

(2) 火力発電所向け排煙脱硫設備の市場ニーズ予測及び分析

中国では、《大気環境保護法》や《火力発電所大気汚染物排出基準》(GB13223-1996)等の要求に基づき、2010 年までに排煙脱硫設備を取り付ける必要がある発電機の数が、約 180 台にのぼり、その対象となる発電機の容量は 44000MW である。国家電力公司傘下の火力発電所では、120 台の発電機に排煙脱硫設備を取り付けることを計画しており、対象となる発電機の容量は 28000MW である。

2000 年末までに、国家電力公司傘下の火力発電所のうち、約 45 台の発電機、発電機設置容量にして 7000MW 分に、排煙脱硫設備を取り付ける必要がある(その一部は現在既に建設中)。全国の火力発電所のうち、発電機設置容量にして 11000MW 分に、排煙脱硫設備を取り付ける必要がある(その一部は現在既に建設中)。2001～2005 年、国家電力公司傘下の火力発電所のうち、約 40 台の発電機、発電機設置容量にして 10000MW 分に、排煙脱硫設備を取り付ける必要がある。全国の火力発電所のうち、発電機設置容量にして 15700MW 分に、排煙脱硫設備を取り付ける必要がある。2006～2010 年、国家電力公司傘下の火力発電所のうち、約 35 台の発電機、発電機設置容量にして 11000MW 分に、排煙脱硫設備を取り付ける必要がある。全国の火力発電所のうち、発電機設置容量にして 17300MW 分に、排煙脱硫設備を取り付ける必要がある。

(3) 中国の排煙脱硫国産化計画

現在、中国の火力発電所の排煙脱硫設備は、大部分が外国からの輸入設備で、国内で基

礎工事と取付工事を行っている。国外では、石灰石(石炭)－石膏湿式脱硫工程の設備メーカーが現在、おおむね 80～90 米ドル/kW で、商業競争と商談の進め方によっては、70～80 米ドル/kW に抑えることができる。これに国内業者が担当する土建・取付工事や公租公課、その他の費用を合わせて、工事投資額は約 120～140 米ドル/kW になる。外国の技術や設備を使えば、平均価格は 1000～1200 元/kW(人民幣、以下同様)にもはね上がる。国産化を実現すれば、これを 700 元/kW 以下に抑えることが可能になる。石灰石(石炭)－石膏湿式脱硫工程の国産化に成功すれば、30 万 kW の発電機一台につき約 9000 万元の投資が節約できる。既に外国から脱硫設備を導入した発電所では、部品・スペア類を全て外国から輸入する必要があり、それにより運転コストがかさみ、しかも部品・スペア類を注文してから実際に届くまでに時間がかかり、設備の正常な運転に支障が出る場合もある。従って、どうしてもその国産化を急ぐ必要がある。

#### (4) 排煙脱硫設備の国産化に存在する主要問題

国産化事業の委託先を見つけるのが困難である。第一に、国産化事業を受託する企業は“試験、研究、改良”等の方面で、自からリスクを引き受けなければならず、大抵の企業は国産化任務を引き受けたがらない。第二に、現在実施が本決まりになっている火力発電所の排煙脱硫設備プロジェクトは、多くが外国からの資金供与ないし外国からの長期低利貸付金により建設されるので、国産設備ができて、使ってもらえないかもしれない。第三に、国産設備は品質、納期、アフターサービス等の方面で確かに一定の問題が存在し、それがユーザーが国産設備を積極的に使用したがらない原因になっている。

火力発電所で実施される排煙脱硫設備導入プロジェクトの多くは、ハード面に重点がおかれ、ソフト面が軽視され、技術の消化吸収や創造が軽視されている。多くの導入プロジェクトは、設備を購入する段階にとどまっており、設計や製造技術を導入していない。“技術・貿易結合”方式で導入される技術も、二次的開発や創造を重視しておらず、そのため、国産化が難しい。

工事の請負能力が劣る。国産化のカギは、システム設計技術や設備のプラント化能力を掌握できるかどうかにかかっている。しかし現在、国内にはまだシステム設計、設備プラント、施工、取付、調整試運転、管理といった一連のサービスを一括して提供できるエンジニアリング会社がない。

火力発電所での排煙脱硫設備の国産化に対して、優遇政策が採られていない。日本の現行の技術水準や設備の現状を基礎にして、火力発電所の排煙脱硫設備の国産化を実現するには、工程フローや設備構造の面でも、或いは材質や施工工程等の面でも、やらなければならない仕事はまだたくさんある。国産化を実現するには、技術面・設備面で相当の困難が伴い、またリスクも大きい。それなのに、国はまだ十分な国産化奨励策を打ち出していない。こうした仕事を完成し、こうした難題を克服するには、相当の資金投入が必要である。

## 第6章 中国における現状への政策的試論

### エネルギーの発展と関連環境保護政策の中日比較研究

エネルギーの発展と環境保護の問題は、世界各国が高度に重視している大きな問題である。これらの問題は、経済の発展に直接影響を及ぼすのみでなく、人類のエコロジー環境と経済社会の持続可能な発展においても直接的な影響を及ぼすものである。現在、世界各国が、エネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策に大いに関心を寄せており、また、多くの国が、これらの方面で顕著な効果をあげている。経済大国としての日本においては、エネルギーの発展とこれに関連する環境保護の面での実績は、総括するに値するものである。同様に、多人口の途上国である中国にとっても、エネルギーの発展と環境保護の問題は、解決を迫られている切実な問題となっている。このことから、中日両国のエネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策を系統的に比較し、日本の経験を参考にしつつ中国のエネルギーの発展と環境保護の領域における問題および今後の発展方向を分析することは、有意義なテーマであり、上記の問題について基礎的な研究を行なった。

### 1. 中国におけるエネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策

#### (1) 中国におけるエネルギーの発展とエネルギー消費の概況およびその特徴

##### ◇急成長を続けるエネルギーの生産と消費

建国初期の中国は、経済発展のレベルが低く、エネルギーの生産量と消費量共に低いことから、全国の一次エネルギーの総生産量と消費量は、それぞれわずか 2400 万トン(炭素換算)であった。1953 年に入ってから、一次エネルギーの生産量と消費量は、わずかに 5200 万トン(炭素換算)と 5400 万トン(炭素換算)、発電量は 43 億 kWh であった。経済が徐々に発展に向かい、特に改革開放後の急速な発展に伴って、中国のエネルギー工業は、めざましい発展を遂げた。改革開放初期の 1978 年に、一次エネルギーの生産量は、6.37 億トン(炭素換算)となった。1998 年には、エネルギー総生産量は、12.4 億トン(炭素換算)に達し、エネルギー消費量は 13.6 億トン(炭素換算)で、消費量では世界第二位となった。

部門別のエネルギー消費量では、工業部門がエネルギー消費の主要部門である。中国における工業化の推進に伴い、工業部門のエネルギー消費の比重は、徐々に増加の傾向にある。1985 年の中国のエネルギー総消費量は、7.7 億トン(炭素換算)で、この内、工業部門が 65.4%を占めている。1994 年のエネルギー総消費量は、12.8 億トン(炭素換算)で、工業部門が 71.6%を占めている。国民生活における消費比率は 12.6%で、同年の農業、建築業、運輸交通、郵電業および非生産部門の消費比率の合計は約 16.3%であった。1998 年のエネルギー総消費量は、12.8 億トン(炭素換算)で、工業部門が 71.4%、国民生活における消費比率はわずか 10.9%で、その他分野でのエネルギー消費



比率は約 17.7%であった。

#### ◇石炭を中心とするエネルギー構造

建国初期の中国におけるエネルギー構造は、単一構造といってよく、生産、消費の全てが石炭に集中しており、少量の石油需要は、そのほとんどが輸入に依存していた。その後長期にわたる発展のプロセスを経て、中国のエネルギー工業は、いまや多様なエネルギーが共存する生産構造を形成しており、石油、天然ガス、一次電力等はすべてが著しい発展を遂げている。1999年の中国における一次エネルギー総生産量においては、石油が約 20.9%、天然ガス 3.1%、水力発電が約 7.8%を占めている。しかしながら、こうした状況にあっても、一次エネルギーの生産構造においては、依然として石炭が重要な地位を占めており、その比率は、一次エネルギー総生産量の 68.2%であることから、中国は、依然として石炭を主要なエネルギーとする国家であるといえる。今後の発展動向から見ると、石油、天然ガス、一次電力等が一次エネルギーに占める割合は、今後も引き続き増加傾向にあるが、石油、天然ガス等の予備資源が不足する一方で、経済の発展にともないエネルギー消費量も増加することから、今後の長期間内にも、中国の石炭主体のエネルギー供給体制には、さほど大きな変化は生じないことが見込まれる。また、エネルギー供給構造の影響により、エネルギーの消費についても、中国は、今後も長期間にわたって、石炭主体が存続することになるであろう。

#### ◇エネルギー効率の低下問題

生産技術の向上にともなって、中国のエネルギー効率もたゆまず向上を続けている。改革開放初期から現在までに、中国の単位当りの経済生産量におけるエネルギー消費量は、年平均で 4%前後下降している。1990年を基準値とすると、1980年の GDP 1 万元あたりの年平均エネルギー消費量は、5.49 トン(炭素換算)、1996年は 3.91 トン(炭素換算)である。ただし、先進国に比較すれば、中国のエネルギー効率は、常に、低いまたは非常に低い水準にあるといえる。これは主に、製品のエネルギー損失と生産額のエネルギー損失が高いことにある。中国の主要なエネルギー利用製品の単位あたりのエネルギー損失は、先進国に比べて 20%~90%、平均で 40%高い。一例をあげると、中国の火力発電所の給電による石炭消費量は 404g(炭素換算)/kWh で、国際的な先進水準は、317 g(炭素換算) /kWh である。また 1 トン当りの鋼を基準とするエネルギー消費量の平均は、966kg(炭素換算)、国際的な先進水準は、656 kg(炭素換算) /kWh である。このほか、セメントクリンカ 1 トンあたりの燃料消費量は 170kg(炭素換算)で、国際的な先進水準は、107.5kg(炭素換算)である。単位生産額あたりのエネルギー損失からみると、中国における炭素換算 kg あたりのエネルギー生産の GDP は 0.36 ドル、日本 5.58 ドル、フランス 3.24 ドル、韓国 1.56 ドル、世界平均は 1.86 ドルである。

### (3) 中国におけるエネルギーの生産と消費がもたらした深刻な環境問題

石炭を主体とするエネルギー構造と、エネルギー効率の低下がもたらした直接的な影響は、深刻な環境汚染という問題であり、とりわけ大気汚染が重大な問題となっている。現在、中国の大気汚染の問題は非常に深刻なものとなっており、これは、主に煤煙型汚染という形で現れているが、石炭燃焼により排出される煤塵、二酸化硫黄および窒素酸化物が主な大気汚染物質となっており、その汚染の程度はかなり高いものとなっている。1999年に大陸338の中小都市で観測されたデータによれば、都市の66.9%で、大気品質が国家二級品質基準を下回っており、この中で三級基準を下回っている都市は37あり、統計対象合計の40.5%を占めた。懸濁顆粒物質(TSP)は、中国の都市における主要な汚染物質であり、60%の都市のTSP濃度平均が、国家基準を超えている。このほか、28.4%の都市の二酸化硫黄濃度が、国家基準を超えている。人口が集中している大都市では、窒素酸化物汚染が、全体にわたって深刻なものとなっている。

深刻な大気汚染は住民、とりわけ都市住民の健康的な生活に直接的な影響を及ぼしているのみでなく、エコロジー環境を徐々に悪化させており、これは、経済・社会と環境とが、今後長期的に調和を保って発展していくにあたって、重大な影響を引き起こしている。一例をあげれば、二酸化硫黄の大量排出による酸性雨が、突出した問題となっている。1999年に、中国大陸の二酸化硫黄の総排出量は1857万tで、この内、工業排出量は1460万tであった。これにより酸性雨は、中国の国土面積の約30%を覆い尽くし、長江以南、チベット高原以東地区、四川盆地および華中に二酸化硫黄と酸性雨の汚染地区をつくり、この地に住む住民の健康とエコロジー環境、そして経済発展に重大な危害をもたらした。

石炭を主体とするエネルギーの生産と消費は、大気汚染以外にも環境問題を引き起こしている。例えば、大規模な石炭採掘は、地形、なかでも耕地と水資源の破壊をもたらしており、生産および消費の過程においても、大量の石炭廃石やその他の大量の固形廃棄物の堆積等の問題が生じている。

### (4) 中国のエネルギー分野における環境保護政策

環境問題は、中国が発展過程において直面する重大な問題であり、ここ数年、中国政府と社会各業界は、これを高度に重視している。有効な環境保護を行なって、経済と社会が長期的に調和を図りながら発展していくために、中国政府は、環境保護についての重要な段階で力を尽くし、中国としての特色ある環境保護政策の基本的な体系を構築した。中国におけるエネルギーの生産と消費は環境問題に重大な影響を与えることから、中国の環境保護政策体系においては、エネルギーの生産と消費に関わる問題は非常に多い。そのため、中国は、ある一定の意義の下に、主にエネルギー発展に関わる環境保護政策体系を構築した。この体系の主な内容は以下のとおりである。

#### ◇環境保護に関するエネルギー発展の基本原則の明確化

1996年、中国人民代表大会において「国民経済と社会発展についての“第九次5カ

年計画” および 2010 年までの長期目標綱要」が採択された。この綱要において、エネルギー発展の基本原則が明示され、省エネルギーを首位に据えることがうたわれた。これと同時に、エネルギー構造の大幅な調整を図って、エネルギー効率を向上させ、新たなエネルギーを積極的に開発、発展させることで、エネルギー開発と環境保護を歩調を合わせて実施するとしている。さらには、環境汚染問題とエネルギー利用による二酸化硫黄汚染問題および酸性雨が重要な問題として提起され、燃焼ガスによる二酸化硫黄と酸性雨汚染は、重点的に対策を講じることが表明された。国民経済発展計画においては、産業構造を見なおし、第三次産業とハイテク産業および高付加価値産業を発展させ、粗放な経済成長方法を改めて、単位生産額あたりのエネルギー損失を減少させるとしている。

#### ◇立法の強化

エネルギーの発展と利用に関しては、「中華人民共和国石炭法」、「中華人民共和国電力法」、「中国エネルギー節約法」、「中国新エネルギーおよび再生可能な資源の発展綱要」等の一連の法規が相次いで制定され、エネルギーの発展とこれに関わる環境保護についての管理の法制化は軌道に乗っている。法令によって、優良なエネルギーの開発利用、省エネルギー、エネルギー効率の向上を奨励し促進することは、各種の活動が、エネルギーの合理的な開発利用をする上で有利になり、また環境保護にも役立つことになる。こうした立法と同時に、一連の具体的で実務的な環境管理制度も相次いで制定された。主な環境管理制度としては、環境アセスメント制度、汚染物質排出費用徴収、期限付整備、汚染物質の総量規制、汚染物質排出許可認証制度、環境保護責任制およびクリーン生産等の具体的な制度がある。情勢の変化、とりわけエネルギーの開発利用により生じる大気汚染が日に日に深刻化しつつあるという現状に基づいて、中国は、たゆまず関連法規の調整を行なっている。一例をあげれば、1995年と2000年の2回にわたって「大気汚染防止法」が改正され、これと同時に、大気汚染と二酸化硫黄の排出を特に規制する政策の枠組みが策定され、各方面からは、これに対応する政策と対策が提出された。以上を総括すると、中国では、現在までに「中国環境保護法」の基本法律と各種の環境管理制度によって構成された環境保護に関する法律と政策体系が、基本的に構築されているといえよう。

#### ◇一連の関連技術経済政策の策定

1999年、重点的なエネルギー利用企業の省エネルギー管理を強化して、エネルギー効率と環境保護を向上させることを目的として、国家経済貿易委員会は「重点エネルギー利用企業の省エネルギー管理方法」を制定した。また、各業界の環境保護強化をはかるために、各業界では、国家環境保護の法規と基準に基づいて業界行政規則を制定した。一例をあげると、電力部門では、電力建設と生産の特徴に対して、「電力工業

環境保護管理方法」、「火力発電所の大気汚染物質排出基準」等の40項目にわたる規定を定めている。このほか、産業政策の策定や調整の過程でも、エネルギーの生産と消費に関わる環境保護問題が、強化されてきている。国による産業構造調整の方面では、エネルギー損失が高く、汚染が重大な産業と企業に対する明確な規制を加えており、多くの分野で、具体的な産業、製品を強制的に淘汰する基準または市場への参入を許可する技術基準を制定している。また、関連政策は、エネルギーの生産、輸送および消費等の各段階に対応している。例えば、炭鉱建設については硫黄含有基準による制限を加えるとともに選炭施設の建設基準を定めている。輸送過程においては、計画部門および交通部門が、良質な石炭輸送を保証して輸送による汚染を防止することを第一とする具体的な規定を定めている。また、クリーンエネルギーの利用を奨励し、大中都市では石炭燃焼による火力発電所を新たに建設することを禁じており、火力発電所を新築、増築および改築する際には、かならず脱硫設備を附設し、全ての石炭燃焼による発電所は大型機を設置して連動的な火力発電を行ない、工業ボイラは排出基準を満たすことを必須条件として、重点都市については、厳格な汚染エネルギー制限、さらには使用禁止といった制限を加えている。関連制度の完遂を保証し、二酸化硫黄汚染については、あまねく汚染物質排出費を徴収することで、二酸化硫黄の排出と酸性雨汚染を防止するものとしている。「国家による環境保護“第九次5ヵ年計画”と2010年までの長期計画目標」の「汚染物質総量規制計画」においても全国の二酸化硫黄の排出量を2460万トン以内に削減することが明示されている。

#### ◇環境保護に関する技術開発の奨励と発展

技術の利用と開発の面では、エネルギーの生産と消費がもたらした環境汚染を削減するために多くの対策が講じられている。第一には、環境保護に役立つ新エネルギーの開発・研究を促進すること。第二には、省エネルギー新技術の開発を奨励、サポートし、企業内での省エネルギー技術の改善を促進して、遅れている工業技術やエネルギー損失の高い設備を淘汰していくこと。第三には、エネルギー環境保護技術と設備についての研究と開発を行なうことである。2000年には、エネルギー効率を向上させて汚染を削減することを目的として、科学技術部と国家環境保護局が共同で、クリーンエネルギーについての活動を開始した。これは、一部の典型的な石炭燃焼技術による汚染都市をモデル都市に定め、国、地方および企業が共同で技術研究、開発に取組み石炭の利用効率を向上させて環境汚染を減少させるものである。実施プランには、汚染物質排出規制政策、先進技術使用奨励政策が盛り込まれている。具体的には、都市のガス燃焼ボイラ設備で、老朽化により効率が低下しているものについては、選定のうえで新技術を推進、実施する。研究、開発内容には、基礎、技術および経済に適用される技術があり、この中には、循環流動床ボイラ、炉内脱硫技術、成型炭脱硫技術等が含まれている。こうしたことから、国家は巨額の資金投入を行なっており、関

連の研究、開発も中国の科学技術の分野における重要な項目の一つとなっている。このほか、多くの地方政府においても、新技術の開発、利用について異なる徴税、信用貸付による優遇政策を実施している。

#### ◇整備された政策の実施と執行機関の形成

中国の環境保護関連政策の実施にあたっては、主として2つの機関がこれを執行する。1つは、国家環境保護局、地方環境保護局のような独立専門機関としての環境保護機関であり、ここでは主に、各種の生産、建設基準の実施とモニタリング、各種の汚染行為に対する処罰等、環境保護基準の制定、モニタリングおよび関連する行政と法の執行を行なう。2つめは、総合経済管理部門と業界の主管部門により組織されたエネルギー環境保護政策執行組織である。この組織においては、計画部門が、主な職責として、業界内の調整と産業構造の調整を行なって、環境保護計画を経済・社会発展計画に組み込むとともに、各種の新規建設プロジェクトが環境保護基準に合致しているかどうかの審査を実施するものである。経済貿易部門（すなわち各級の経済貿易委員会）は、企業における技術改善と環境効果、企業におけるクリーン生産の実施とエネルギー損失の低減および汚染防止を担当する。財政、税務および金融部門は、環境保護と汚染防止資金についての財政予算を担当し、環境保護における各種の徴税、金融等の政策を実行して、企業行為の調整を図る。科学技術部門は、エネルギーの開発利用と環境保護に役立つ技術の研究と開発を組織化する。石炭、電力、交通輸送等のその他の各業種部門は、各業界での環境保護計画の実施と各種の具体的な対策の履行を担当する。各項目の具体的な対応策の執行は、最終的に、汚染物質を排出する主体によって完成されるもので、これは即ち、主に汚染物質を排出している企業による具体的な対策と計画であり、環境保護部門がこれを監督するものである。

#### (5) 中国における難問、環境保護政策体系中の問題点、および環境保護問題が及ぼす影響

中国政府と社会各界では、エネルギーの有効利用とエネルギーによる環境汚染問題等に取組むことにより、大きな成果をあげている。ここ数年、中国のエネルギー消費量は、一貫してGDPの成長率を下回っている。快調な経済成長と同時に、汚染物質の排出は、急速に増加することがなく、ある種の汚染物質には、低減の傾向も現れている。

但し、中国の環境問題の現状からみれば、エネルギーの生産と消費がもたらした環境汚染問題は、依然として非常に重大である。これは、まぎれもなく短期から長期にかけても解決が難しい客観的問題であり、かつ政策に関わる問題でもある。

中国におけるエネルギーの生産と消費は、2つの大きな局面で、環境構造に重大な影響を及ぼしている。1つは特殊なエネルギー構造と莫大な消費量、2つめは、効率の低い使用プロセスである。石炭を主体とするエネルギーの生産・消費構造および莫大な消費量は、

他のエネルギー又は少ない消費量と比べ、各種の抑制困難な環境問題を引き起こすことは避け難い。このほかにも軽視できない問題としては、中国製石炭の品質は、全体的に低く、高硫石炭等の質の劣る石炭の占有率が非常に高くなっており、こうしたことも、環境汚染とその問題解決の難度を激化させる原因となっている。

当然のことながら、エネルギーの生産・消費構造の問題、消費量の問題は、いずれにせよ、相当の時間を費やしても解決が難しい問題である。エネルギー需要の角度からみれば、中国では今後も、長期間にわたって工業化を推進しなければならず、経済構造を徐々に調整し、産業構造についても徐々に見なおしを図ることになるだろうが、成長という巨大な圧力のもとでは、エネルギー消費量を低減することは、ほとんど不可能に近い。エネルギー構造の角度からは、中国政府は、エネルギー構造を大々的に調整することを明かにしており、さらには科学技術の発展にともなって、新型エネルギーが発展していくことが見込まれる。しかしながら、中国は人口が多く、資源、とくに石炭の代替となる資源量の不足が深刻化しており、また、中国に能力がなくても、大量輸入によりエネルギー構造の調整を図ることは不可能である。従って、エネルギー構造の大々的な調整により環境汚染問題を緩和するというのはあまり現実的な施策とはいえない。こうした拘束条件の存在が、中国のエネルギーの生産と消費の分野における環境汚染問題解決にあたっての最大の難関といえよう。

エネルギー構造と消費量の調整が困難という背景のもとでは、環境汚染問題を解決するためには、生産と消費の過程をよりいっそう重視しなければならない。石炭を主体とするエネルギーの生産・消費構造と増加を続ける消費量という状況にあっても、石炭の生産と使用の過程で有効な調整をはかり、生産・使用過程における先進的な汚染削減技術を開発してこれを有効利用すれば、環境汚染問題を、大幅に緩和することが可能である。さもなければ、将来的に深刻な環境汚染問題に直面することは必至であり、中国の現実は、まさに、ここにあるといえる。

総じていえば、中国はエネルギー、特に石炭の生産における各段階で環境保護の問題を重視、かつ強調してきており、大きな成果をあげている。しかしながら、現在までに、石炭の生産、輸送および消費の各段階には依然として深刻な環境汚染問題が存在していることも、また否定できない事実である。例えば、生産段階においては、多くの企業が、効率的な選炭、洗炭を行なっておらず、輸送段階の汚染は、相当広範囲にわたっている。また消費段階では、相当数が依然として直接燃焼、直接排出を行なっており、また脱硫除塵を行っていないかあるいは脱硫除塵を行なっているが、効果がほとんどないというところも数多い。

生産・消費の過程で、深刻な汚染を引き起こしている直接的な原因は、各段階に有効な実用技術がないことであり、これが、さらにはエネルギー効率と汚染防止に直接影響を及ぼしている。中国は、エネルギー効率の向上と、大気汚染防止技術および設備の研究、開発、推進および使用面において多くの活動を実施しているが、総体的に言えば、現在の技

術水準と環境保護における実際のニーズがまだ合致しておらず、ある種、重大な「技術上のボトルネック」となっているのである。一方では、全体的な技術水準が低いかまたは有効な環境保全技術が欠如している、あるいは技術は完成しているが、プロセス、設備、技術コストの面での実施可能性が劣っている。別の面では、あるいは、よりいっそう注目すべきかもしれないが、その有効性が数多く立証されているが、現段階では推進、応用能力のある技術設備が有効利用されていないということがある。ポイントとなる技術開発とその推進が、経済力による制限を受けており、ここに情状酌量の余地があるとすれば、現段階では、推進、応用能力のある技術設備が有効利用されていないのは、真に再認識すべき問題である。そしてこれは、多く政策の力不足に関わる問題でもある。

エネルギーの生産・消費の過程では、汚染状況は、多くが企業の態度に関わっている。企業が積極的に、各種の環境保護技術を利用すれば、まちはいなく環境汚染問題は大幅に低減されるであろう。しかしながら、経済組織としての企業は、利益の追求が基本的な目標であり、外部からの有効な拘束がないという状況のもとでは、企業に対して自発的に汚染を低減させることを期待するのは、あまり現実的とはいえない。なぜならば、汚染削減技術と設備の開発利用によって、汚染削減による社会効益には大きなものがあるが、企業にとっては、一般的に生産コストを増加するのみで、自身には直接的な経済効果をもたらすことはないからである。さらに、環境についての意識が相対的に遅れている中国では、これはいっそう明かである。ゆえに、環境保護を有効に推進するうえでのポイントは、厳格かつ有効な政策、とりわけ有効な奨励および拘束制度により、企業行為を全面的に規範化して、政府と企業の間を律することにより、企業が、自発的に汚染の削減を実行するようにさせることである。そしてこれらの問題については、政府および政策によって、いかにこれを強調しようとも過ぎることではない。

現在の中国では、多くの問題が政府の行為に関わるものであり、政府と企業の間では、特に、地方政府と企業の間でそれが現れている。最も顕著な特徴としては、環境保護における監督能力が不十分で、法規が厳格に執行されていないということである。政府の間でも、特に地方政府は、企業に対して、法規や各種の奨励、拘束手段による有効な監督や制約等の行為を行うことができないでいる。中でも監督能力の問題については、制限条件もあり、各地の環境保護観測機関は、汚染物質排出について有効なモニタリングを実施することが出来ない等の問題がある。これと同時に、環境意識の問題もあり、環境保護の重要性を認識していない政府官僚も多く、往々にして発展を重んじて環境保護を軽視する等の問題がある。しかしながら、さらに重要な問題は、地方政府と企業間の利益関係が正されていないということにある。これをさらに直接的に表現すれば、政府は、政府と企業の利益の高度な一致性を利用しているということである。またこうした特殊な利益関係により、政府の行為は、逸脱したものとならざるを得ず、国家と社会の利益に誤りが生じることになるのである。

改革以来、中国は政府の職能およびこれに対応する体制について、多くの改革を行なっ

てきたが、長期計画の影響とその他の数多くの要因により、中国の各級政府機関は、各種の経済および社会における地位と役割の面では、依然として、巨大かつ特殊な存在である。地方政府についてみれば、様々な役割が複合しているという明らかな特徴がある。すなわち、地方政府は、上級（中央）の政策の執行者であり代表者であるとともに、地方の発展と地方の利益の推進者であり擁護者でもあり、これと同時に、圧倒的に、自ら特定の利益を有する利益主体でもある。まちがいなく、地方政府の多重的な役割は、政府の財政支出の多重性を意味するものである。政府機関の正常な運営を維持するための費用の他に、それぞれの役割に応じて、各種の公的支出ひいては地方経済発展の推進という名目で各種出資を行なわなければならない。地方政府のその他の支出を考慮するならば、財政の圧力は、紛れも無く極めて莫大なものとなるであろう。こうした莫大な財政的圧力には、これと同時に別の背景がある。すなわち 80 年代中期以降実施された財政請負制度である。これは、地方政府が地方経済、とくに企業の発展に依存して財政のバランスを保つとともにその他の多重的な役割を果さざるを得ないということの意味していた。ここにおいては、企業における経済効果の善し悪しは、企業自身の問題にとどまらず、政府を正常に運営することができるかどうかにも関わってくるものであった。さらには、さまざまな状況のもとで、環境構造に重大な脅威を与える企業の多くが、往々にして地方財政を支える柱となっており、こうしたことから地方政府も、厳格な規制手段をとることが出来なかったのである。簡単にいえば、現在の体制のもとでは、地方政府が直面している多くの問題は、経済成長と環境保護の間で、いかにこれを取捨選択していくのかということではなく、政府が正常な運営方式を選択できるかどうかにかかっている。しかも、経済未発達地域では、この種の問題がますます際立ってきているのである。

また、これにかぎらず、現在の地方政府と企業の関係においては、政府は、数多くの社会の職能の面で企業に対する依頼心が極めて強く、企業は、政府のために大量の就業と社会保障という職能を請負っている。こうした背景にあつて、政府、特に地方政府は、関連法規に厳格に従って企業を厳重に拘束することが極めて困難であることから、法があつても従わず、法の執行は厳格でなく、違法行為も追求しない、という極めて深刻な事態となっている。このように外部からの有効な拘束がないという状況のもとでは、企業には、おのずと技術を進歩させて環境を保護しようという積極性が欠如してしまうのである。

また、地方政府が直面している財政圧力は、企業行為の規制を困難にするのみでなく、環境保護の面での資金投入不足を招いている。これと同時に政府の財政圧力が過大になると、通常は企業に負担が移行されることから、企業にとっては負担がかさみ、自らの発展を阻害してしまうことになる。このため、たとえ自発的に技術改造、生産方法の転換を図って汚染問題を緩和しようとする企業があつても、問題解決の前には無力なものになってしまう。

以上を総括していえることは、中国におけるエネルギーの生産・消費に関わる当面の環境汚染問題は、客観的にみて、解決が困難な資源上の制約等の問題であり、かつ突出した



政策または体制の問題なのである。

## 2. 日本におけるエネルギーの発展とエネルギー環境政策

### (1) 日本におけるエネルギーの発展とエネルギー効率

日本の戦後復興期におけるエネルギー供給は、石炭が主体であり、1962年から1972年にかけての高度成長期に入ってから、石油を主体とするエネルギー構造が実現した。この時期に「石油工業法」が制定され、石油貿易の自由化が始まった。以降現在に至るまで、日本のエネルギー構造においては、石油が首位を占めている。1973年には、石油が日本の一次エネルギー構造の77%を占めており、1994年は57%であった。1997年の一次エネルギーにおける石油の占有率は54%となっている。日本は、自国の資源が不足していることから、石油は主に輸入に依存している。安全なエネルギー供給を保証するために、日本はエネルギーの選択と代替に関して大々的に注力していることから、エネルギー構造にも徐々に変化が見られ、石油の比重がやや減少し、他のエネルギーの比重が増加している。1996年の比率は、それぞれ、石油55%、石炭16%、天然ガス11%、原子力発電12%、水力発電3%、その他1%となっており、2010年には、石油47%、石炭15%、天然ガス13%、原子力発電17%、水力発電4%、その他4%になることが見込まれ、基本的には、原子力発電、水力発電の比重が上昇傾向となるであろう。

日本は世界のエネルギー消費大国の1つに挙げられており、1997年の全国のエネルギー消費量の総計は21.3 quadrillion Btuで、エネルギー消費量では世界の消費総量の5%以上を占めている。部門別の消費状況では、工業部門におけるエネルギー消費量が最高で、全体量の51%を占めており、交通関係が19%、民生用の消費が14%を占めている。但し、その動向をみると、工業部門のエネルギー消費の比率は明らかな下降傾向にある。1973年の石油危機以降、日本のエネルギー総消費量は、一貫して上昇傾向にあった。一方で工業部門は、有効な省エネルギー対策を講じており、エネルギー消費量は、1973年比では、基本的に増加していない。その一方で民生用のエネルギー消費量は1973年に比べて、2倍または2倍以上の増加となっている。

日本は、経済、資源、人口等の要因により、エネルギー効率が非常に高い国家である。日本の重工業は、かつて日本における主要なエネルギー消費部門であった。70年代の石油危機の影響により、日本は産業構造の大幅な調整をはかり、エネルギーが密集している産業の占める割合は明かに低下した。産業構造の調整と同時に、政府による徴税優遇および低金利貸付け等の政策のサポートにより、一部の産業部門では省エネルギー設備を導入してエネルギー管理を実行し、顕著な成果をあげた。1994年における鉄鋳業のエネルギー使用率の割合は、1973年の29%となった。このほか、石油化学工業が58%、セメント工業65%、製紙業61%であった。さらに顕著な成果を表すものとしては、GDP単位あたりのエネルギー損失の大幅な低減がある。GDP単位あたりの初級エネルギーの強度を比較すると、1997年

の日本はGDP単位あたりのエネルギー損失が最も低い国で、96 toe/million US\$、アメリカ 278 toe/million US\$、ドイツ 139 toe/million US\$、イギリス 194 toe/million US\$、フランス 155 toe/million US\$、イタリア 147 toe/million US\$、OECD 国家のGDP単位あたりの平均値は、204 toe/million US\$であり、日本のGDP単位あたりのエネルギー損失は他の先進諸国を大きく下回っている。

## (2) 日本におけるエネルギーの生産・消費に関連する環境問題

50年代の日本のエネルギー構造もまた、石炭が主体であった。このため、環境汚染の問題も比較的顕著になっており、主な汚染物質としては、煤塵が中心であった。60年代以降、日本のエネルギー構造には、重大な変化が現れ、エネルギーに占める石炭の割合は大幅に下降し、石油の占める割合が急速に上昇した。これにより、煤塵を主体とする大気汚染は、重油の燃焼により生じる二酸化硫黄と窒素酸化物による汚染へと移行した。60年代には、100万KWの火力発電所における、1年間の重油消費量は130万トンに達し、重油の硫黄含有量は2%前後、1年間に排出される二酸化硫黄は、52000トンにまで達し、深刻な大気汚染を引き起こした。60年代後半、日本は大規模な脱硫技術の開発を行なってこれを実用化し、燃焼前の重油と燃焼後の煙の脱硫を実施した。この脱硫技術の開発と実用化により、燃料の硫黄含有量と大気中の二酸化硫黄汚染を、有効に削減させることができ、重油の平均硫黄含有量は1967年の2.5%から1992年には1.13%に減少した。70年代以降、エネルギーの消費により生じる主な汚染は、NO<sub>x</sub>汚染となった。70年代の光化学スモッグ発生により、日本はNO<sub>x</sub>排出について厳格な規制を実施し、産業界も積極的に環境保護に参加することで、工業のNO<sub>2</sub>排出量は減少したが、生活水準の改善と都市の交通運輸の発展に伴って自動車から排出される窒素酸化物による汚染は、依然として大気汚染の主要な問題であり、日本の各業界が最も注目している問題でもある。

国連の「気候変動枠組条約（京都議定書）」における合意に基づき、日本は2008年から2012年までの間に、温室効果ガスの排出量を1990年比で6%削減させることになっている。このため、日本は二酸化炭素の排出量と1人あたりの二酸化炭素の排出量とともに1990年の水準にまで削減することを決定した。これにより、日本のエネルギー発展とエネルギー環境は、新たな問題に直面することとなったのである。

## (3) 日本におけるエネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策

長期にわたる発展を経て、日本は、いまではエネルギーの発展とこれに関連する環境保護法規と政策の体系が整備されている。関連政策は、大きく2つの内容に分けられる。1つはエネルギーの発展を規範化した法規と政策であり、もう1つは環境保護に関する法規と政策である。ここでは、エネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策の枠組みおよびいくつかの典型的な対策を紹介し、日本におけるエネルギー環境保護政策の特徴と効果を説明することにする。

#### ◇日本のエネルギー発展政策

1973年の石油危機以降、石油を主要なエネルギー源とし、かつこれを輸入に依存していた日本のエネルギー供給が被った影響は非常に大きなものであった。石油危機に直面した日本政府は、1973年に「石油需給調整法」および「国民生活安定緊急法」を制定し、産業構造の全面的な調整をはかると同時に、エネルギー政策を変更して、石油の安定供給を保障し、省エネルギーと新エネルギーの開発等多項目にわたる政策が列挙された発展構想を策定した。

第一にエネルギー不足の問題については、多様な手段を講じて、産業界におけるエネルギーの有効利用と省エネルギーを促進することとした。1979年、通産省と内閣は「エネルギー使用合理化法」を施行し、工場、建築物、機器設備等のエネルギーの合理的な使用を規定した。1993年には、エネルギーの合理的な使用と再生資源の利用を促進するために、「省エネルギー支援法」を制定した。政府はエネルギーの合理的な利用については、きわめて積極的な役割を果たすとともに、巨額の資金を投入している。例えば、関連の研究開発活動について、政府は財政補助等の経済措置による支援を行っている。工業部門の省エネルギー設備と商業、一般建築の省エネルギー投資に対しては、徴税の優遇政策を実施している。また、企業が省エネルギー設備を設置し、省エネルギー対策、エネルギー管理、技術研究開発およびその実用化をはかる場合についても、一定の財政援助を行なうとともに、関連情報を提供している。このほか、通産省は、指定企業内にエネルギー管理員制度を設けて、通産省が、管理員の試験を行なって、許可証を交付している。エネルギー管理員は、エネルギー燃焼設備または電力設備のメンテナンスを専門的に行ない、エネルギー利用の改善を図る。指定企業は、このほかにも通産省の規定に基づいて、定期的にエネルギーの使用とこれに対応する施設の使用状況を報告することになっている。

二番目は、新エネルギーの研究開発を積極的に促進することである。1974年には、新エネルギーの発展促進を目的として「サンシャイン計画」が策定された。1979年の第二次石油危機勃発後、政府は新エネルギーの開発をよりいっそう重視し、1980年には「代替エネルギー法」を公布し、計画的かつ安定的に新エネルギーの開発と実用化を支援するとともに、長期的なエネルギー需給計画を実施するものとした。1993年には、通産省が「新サンシャイン計画」を打ち出した。これは再生可能エネルギーの利用、化石燃料の利用およびエネルギー転化と備蓄に関する研究開発活動に協力し、これを促進することを目的としたものである。1997年には、再生可能エネルギーと非定形的なエネルギーの利用促進を目的として、あらたに「新エネルギー利用促進法」が制定された。1999年には、「改訂省エネルギー法」が施行され、中央と地方政府は、有効な経済対策をうちだして、環境保全型製品と技術の実用化を促進している。

「京都議定書」締結後、日本はエネルギーの利用効率とエネルギー使用過程におけるCO<sub>2</sub>削減問題をよりいっそう重視している。主な政策としては、省エネルギーと石

油に代わる新エネルギーの開発であり、基本対策としては、産業界と協力して、産業界の積極的な参加を促し、あらゆる対策を講じて、エネルギー効率を向上させ、エネルギー消費量を減少させるというものであった。これについて注目に値するのは、「率先行動計画」と「基準計画」の提出であった。「率先行動計画」は32の産業協会が、それぞれ自らの省エネ目標を公布し、エネルギー効率の向上に尽力するというものである。「トップランナー計画」は、11品目の製品（乗用車、バイク、エアコン、コンピュータ等）について、一定期間内で、メーカーと輸入業者が採用しているエネルギー効率基準が、当時の市場における同類製品の最高基準にあるものを目標とするものである。産業界との協力をはかると同時に、運輸交通業の発展と国民の生活水準の向上に伴って、民生用エネルギーが増加の一途を辿っていることを考慮に入れ、省エネルギーに関連する政策もまた、これらの領域に介入を始めている。

日本におけるエネルギーの発展とこれに関連する環境保護政策は、法律を基礎として、国が商工界、企業に対して省エネルギーを指導し、これと同時に徴税に関する優遇政策と低金利貸付等を実施することにより、省エネルギーと代替エネルギー技術の普及を促進しているのである。

#### ◇日本における環境保護政策

日本では、60年代から早くも、高度経済成長によってもたらされた環境問題が、政府、産業界および民間の注目を集めていた。環境汚染を防止するための最も基本的な手段は、法律の制定である。これは、環境保護に対する政府の基本政策と環境基本計画を法律として明文化することで、中央および地方政府、企業と個人の責任、環境保護費用の負担と財政対策を明確にするものである。1967年に、日本は「公害対策基本法」を制定した。これは、50年代末～60年代の高度経済成長時代に引き起こされた深刻な工業汚染を防止することを目的としている。また、主に大気汚染が問題となっていることから、1968年には「大気汚染防止法」が制定され、特定の施設と作業場における汚染物質排出基準と関連罰則基準、および政府による汚染関連問題の処理方法等にわたり、極めて厳重で具体的な内容が明確に規定された。こうした関連法規により、対象となる環境問題には顕著な成果が見られた。経済社会の発展と新しい環境問題の出現にともなって、日本は、1993年に新たに「環境基本法」を公布し、1996年と1998年には「大気汚染防止法」の修正を行なうことで、情勢の変化に対応している。また「環境基本法」と「大気汚染防止法」の他にも、「公害事業費負担法」および「公害防止事業に関する国家財政特別措置法」が制定されている。こうした関連法律は、国や企業が汚染防止について経済責任を負うということを明かにすることが目的である。

大気環境の保護に関しては、上述の「環境基本法」と「大気汚染防止法」等法律のほか、1969年には公害病患者の救済制度の枠組みが作られ、1973年に、「公害健康被害補償法」が制定されて、患者の各種費用（医療費、労働能力喪失による補償等）は、

公害発生源の企業が納付した公害賠償金と国庫および都道府県から支出された補助金により共同で負担することとされた。企業から患者に支払われる補償費用は、「汚染した者が支払う」という原則を体現したのみでなく、事実上も、企業の汚染行為に対する民間からの重要な規制力となっている。1971年から1973年までの間の四大公害訴訟は、汚染物質排出企業に対して重大な教訓を与え、また汚染防止設備の設置費用は、汚染発生後の賠償金より少ないということを認識させるものであった。さらには、汚染予防対策の実施により、企業は環境保護責任を負う能力を有しているという認識を持つに至っている。一つ言えることは、日本国民の高い環境意識が、日本の環境保護事業に積極的に作用しているということである。すなわち、民間による強力な汚染反対運動が、政府による立法と企業による環境保護参加を促す主要な動力の一つとなっているといえよう。

汚染行為に対する事後の罰則と規制のほか、日本における環境保護政策には、もう一つの際立った特徴がある。それは、厳格な環境関連法規が、企業の環境保護技術とその実用化を促進し、これが、日本の環境汚染の削減にきわめて重要な役割を果たしているということである。70年代初頭に起こった光化学スモッグ汚染の問題と第二次石油危機より、民間と政府は、自動車のガソリンと汚染物質の排出問題に関心を持つようになった。政府は1973年と1974年に、自動車のガソリンとディーゼル発動機による窒素酸化物の排出規制を実施し、1978年には自動車の排気ガス中の窒素酸化物を1973年の10%にまで削減することを目標とした。こうした強制的な規制により、自動車メーカー間では、技術開発競争が起こり、結果的には、期限より早い1977年に目標を達成することができた。これにより企業は、汚染物質の排出を削減すると同時にエネルギー効率を向上させて生産コストを低減することができたのである。

日本の地方政府は、環境保護に関して独特で重要な役割を果たしてきた。60年代に起こった公害訴訟は、あまねく民間の関心を集め、これによって大きな圧力を受けた地方政府は地域の環境改善に乗り出した。地域の環境問題については、多くの地方政府がこれに対応する法令を公布し、汚染物質排出基準を定めているが、通常これらの基準は、すべてが国の基準に比べてさらに厳格なものとなっている。このほかにも、地方政府は、初の汚染防止措置を実施したが、これは地方政府と企業の汚染削減についての協定であった。この協定では、排出水準の定量が規定されており、通常すべての企業は、この合意書に定められている排出水準を遵守できる。こうした公害防止協定というスタイルは、日本独自の有効な環境保護措置である。これは、汚染問題に対する企業の対応が積極的でないか、または困難が生じた場合は、地方政府が積極的に技術を探し求めたり、他のサポートを提供するなどし、逆に、地方政府が、十分な汚染防止情報を得られない場合には、企業が合理的な排出基準を設定できるよう手助けするというものである。政府と企業のこのような関係の基礎となっているのは、長年にわたって作りあげられた「官民合意」と「官民協調」の社会体制である。経済と社会

の発展にともなって、地方政府は、地域コミュニティにおける生活品質の向上をさらに重視しており、クリーンな生活環境は、地方資源として、地方政府と民間から、よりいっそうの愛護と保護を受けているのである。

### 3. 中日の政策比較および日本の経験が中国に与える啓示

中日両国は、各国の経済発展水準とエネルギー構造等の特徴に基づいて、エネルギーの開発利用の過程において、それぞれの環境保護政策の体系を構築してきた。エネルギーの開発利用と環境保護の面では、両国の政策体系には多くの共通点があるが、相違点もまた多い。基本的な共通点としては、両国はともにエネルギー消費大国であり、省エネルギー、エネルギー効率の向上、代替エネルギーの推進を図っていると同時に、エネルギーの生産、消費によりもたらされた環境問題の解決が、現在直面している共通のテーマである。これまでの中日両国のエネルギー発展とこれに関わる環境保護政策についての分析から分かることは、両国の政策の出発点は基本的に一致しているということである。第一に、両国はともにエネルギー構造の調整をきわめて重要視しており、特にクリーンエネルギーと新エネルギーの積極的な開発に力を入れているということである。第二には、両国はともに、あらゆる方面から、産業構造の調整、技術改善の推進等の政策、措置を講じてエネルギーを節約して、エネルギー効率を向上させることを非常に重視しているということ。第三には、両国はともに生産と消費の各段階において、経済、技術等多様な手段によって環境保護を実施することに、非常に力を入れているということ。第四には、両国ともに立法をきわめて重要視しているということである。

このように多くの共通点がありながらも、両国は、経済と社会の発展水準、基礎的条件等多くの面で大きな格差があることから、現在直面しているエネルギーと環境の問題にも違いがあり、関連政策の具体的な内容、実施方法および政策実施による効果についても非常に大きな差異が生じている。まず第一に、中国のエネルギー構造は、石炭が主体であり、このエネルギー構造は、今後も長期にわたって持続することが見込まれるが、石油と天然ガスを主体とする日本のエネルギー構造と比較すると、環境汚染の問題はより突出したものとなっており、特に石炭燃焼により生じる二酸化硫黄汚染と酸性雨の問題が、際立ったものとなっている。第二に、中国と日本は、異なる発展段階にあり、エネルギーの発展と環境保護の領域で直面している問題が異なっているのみならず、問題解決能力とその条件も大きく異なっている。日本は高度に工業化された国家であるが、中国は工業化の途中にあり、産業構造の調整に対する圧力と難度が非常に大きいのみならず、如何に経済成長と環境保護という矛盾を調整すべきかという、日本に比べてより厳しい多くの問題に直面しているのである。日本は、経済力が充実しており、エネルギーの発展と環境保護の技術水準も高いが、中国は、経済力が不足しているだけでなく、エネルギーの発展と環境保護の技術も明かに遅れをとっている。第三に、日本は成熟した市場経済国家であり、マクロ的な管理体制はもとより、具体的な財政体制、科学技術体制および産業政策等のすべてが整

備されており、また豊富な管理経験の蓄積もある。一方の中国は、市場経済体制の建設段階にあり、多くの体制が、未だに不完全な状態で、模索段階にあるものすらある。このほかにも、経済発展水準等多くの要因による制限を受けることから、国民の環境保護意識にも大きな隔りがある。両国におけるエネルギーの発展と環境保護政策のポイント、内容、実施方法および政策による効果には、このようにして必然的に格差が生じるのである。

中国は、その特殊な国情と背景により、エネルギーの発展とこれに関連する環境保護については、日本を含む他国の経験をそっくり援用することは不可能である。しかしながら、日本は、50～60年代の深刻な公害国から、いまやエネルギー効率が最高で、エネルギー環境保護の実績が著しい国家となっているのであり、その政策体系にある多くの経験は、中国も真摯に学び、参考とするに値するものである。

#### (1) 日本のエネルギーの発展と環境保護政策における経験に基づく啓示

中日の比較を通じて、日本のエネルギーの発展と環境保護政策は、以下の局面にあるものと思われる。

1) 日本のエネルギーの発展と保護政策は実効性を非常に重視している。二度のエネルギー危機の影響から、日本は、適時にエネルギー政策を運用して、エネルギーの安定供給をはかっており、これは政策目標と手段からも明らかである。環境保護関連は、当初から最も重要な問題としてとらえられ、特定の問題については集中的に対応し、特に法制化によって徐々に環境規範が形成された。このことは、60年代から70年代初頭にかけての公害問題の解決に重要な役割を果たした。

2) 日本のエネルギーの発展と環境保護政策の目標および実施は、一貫して技術の発展に関わっている。日本はエネルギーの利用と環境保護の過程で、技術戦略を重要なものとして位置付けており、エネルギーの発展と環境保護に、これによる保障を提供している。先に紹介した、日本の高効率エネルギー利用および大気中のNO<sub>2</sub>、二酸化硫黄汚染の防止過程においては、その全てが、エネルギー環境の保護に、技術開発が重要な役割を果たしていることを説明した。さらには、技術発展の方面では、新たな開発にとどまらず、より重要なこととして、各種の法律手段と財政・金融政策の調整等の経済手段により、技術の開発推進の問題においては、マクロ管理、指導と経済支援を含む政府の役割が強調されるとともに、市場競争のメカニズムも発揮されている。「率先行動計画」などは、その成功例といえる。

3) 日本では民間の環境意識が、エネルギーの発展と環境保護政策の策定および実施を大きく突き動かしている。日本初の環境法規は、民間による公害反対運動から生まれたといっても過言ではない。日本の民間の環境問題に対する反響が、政府と企業に大きな圧力となり、政府と企業は積極的な環境保護対策を講じることを迫られたのである。さらに注目し得るのは、日本政府は、さらに一歩進んで民間に対して環境保護への参加を求めたことにある。「公害事業費負担法」と「公害防止事業に関する国家財政特別措置法」等の法

規は、民間の利益を強調し、さらに民間による自らの保護意識と汚染行為に対する規制力を強化したものである。

4) 政府による厳格な法の執行および政府と企業間の相互協力関係、特に地方政府と企業の協力関係は、エネルギーの発展と環境保護政策の順調な実施のかなめとなっている。前述したとおり、日本の高いエネルギー効率には、政府の政策による支援および企業の参加とが不可分の関係にある。環境保護の面では、政府による強制的な法規と汚染物質排出基準および厳格な法の執行により、企業の環境保護行為は、徐々に自主的な行動となり、経済および技術的な手段を積極的に運用して、生産過程における環境汚染の予防と解決を図っている。また、企業のクリーン技術の開発利用について、政府は財政支援、徴税優遇および技術指導等の方法でこれをサポートし、このことも企業の積極性を大いに向上させていることから、有効な奨励と拘束体制を構築したといえよう。

## (2) 今後の中国におけるエネルギーの発展と環境保護について重点的に解決を図るべき問題

中国におけるエネルギーの発展と環境保護は非常に差し迫った問題であり、今後の長期的な経済成長と経済、社会の持続可能な発展に直接的な影響を与えるものである。このため、戦略的なレベルから、エネルギーの発展と環境保護の問題を認識し、これを解決しなければならない。中国の国情に基づき、日本の数多くの成功経験を考慮に入れば、今後は一定の期間内で、重点的に以下の方面について政策を調整し、エネルギーの発展と環境保護政策の実施効果を増強すべきであると考えられる。

まず第一に、エネルギーの発展と環境保護の重要性をさらに強調し、とりわけ各級の政策決定者の環境保護意識を強化する必要がある。間違い無く、現段階における中国の経済発展の水準は高いとは言えず、就業問題、貧困等の問題は、早期の解決が必要であるが、エネルギーの発展と環境保護の必要性とその結果を意識することも必要である。1995年に、中国で、酸性雨と二酸化硫黄のみによって、農作物、森林および人体の健康について被った経済損失は約 1100 億元余りであり、これは当年の国民総生産の 2%に迫っている。したがって、エネルギーを利用した経済発展の過程においては、その発展計画に、環境保護を組み込む必要がある。これと同時に、当面の重要な問題としては、とくに二酸化硫黄汚染と酸性雨の問題について、詳細な防止計画を策定して、関連する環境保護活動を制度化すべきである。

第二に、厳格な環境管理と環境法規を執行し、企業の汚染防止への投資に対する自主性を向上させることである。日本の経験ですでに説明したように、厳格な環境法規と環境基準は、企業によるクリーン技術の開発利用を促進し、企業の環境管理を強化することができ、これは、エネルギーを高効率的使用し、汚染源の排出を減少させる技術、管理体系を構築することに役立つものである。こうした目標を実現させるために、国家は、足並みが揃って安定した、そして実施の可能性が保証できる環境法規の枠組みを構築し、これを



基礎として、実施可能性がある明確な政策目標を定め、これと同時に、管理部門によるモニタリング条件を整備して、法規の執行状況をチェックする必要がある。そして、法があってもこれに従わないという問題からの徹底的な転換を図らなければならない。

第三に、エネルギーの発展と環境保護技術の研究、開発、推進およびこれを実用化することである。まずは、転ばぬ先の杖として、積極的に新エネルギーを発展させ、エネルギー構造については最大限の調整を行なうことである。中国では、現状の石炭主体のエネルギー構造を短期間で変革することは難しいが、このようなエネルギー構造は、深刻な環境汚染を引き起こすばかりでなく、石炭が再生不可能な資源であることを考えれば、石炭資源の枯渇も避け難い情勢であることを認識すべきである。次に、エネルギー効率を高めて、汚染削減に有利な各種の実用技術の開発利用を加速することである。エネルギー効率の向上は、エネルギー発展戦略にとっても、環境保護にとっても有利である。技術発展については、一方では、かなめとなる技術問題を解決し、さらに、技術の統合性と系統性に注意する必要がある、更に重要となるのは、適時に実用技術を普及、促進することである。

技術進歩の面では、まず、政府による資金投入を強化することで、これには政府が直接研究開発技術の推進を実施すること、および政府が徴税、信用貸付における優遇政策により企業の各種研究活動を奨励することである。次には、市場競争のメカニズムを十分に活用して、政府は各種の厳格な技術品質基準を制定して、市場参入を規制するとともに各種の情報公開制度を実施して淘汰をはかり、企業の自覚による技術の進歩を促進する。

第四には、エネルギーの発展と環境保護の実践において、民間の参加意識を高め、民間の参加については支援条件を提供することである。民間は、環境保護の一方の面では、政府と企業の監督をする立場にあり、もう一方の面では、自らの消費行動によって、企業の環境行為に影響を与えることから、民間の環境保護への参加意識とその行為は環境保護にとって、非常に重要なものである。中国は、環境教育と環境情報の公開の拡大を通じて、環境問題を解決すると共に、民間の利益と密接に関わりを持つ計画と都市計画およびプロジェクトの評価に民間を参加させることにより、民間の参加意識を向上させるものとする。これと同時に、日本の経験を参考にして、国民への公害賠償制度を法制化し、汚染行為に対する民間の監督および規制能力を向上させるものとする。

第五には、経済体制、特に財政体制の速やかな改革をはかり、政府の職能、特に地方政府の職能を全面的に転換して、政府と企業との関係を正すものとする。これによって、政府と企業は、環境保護を、真に必須の任務と見なすことができ、関連法規と政策は、有効に完遂されるのである。

## 第7章 中国の技術導入基盤の形成

中国における環境問題の解決は、先進国からの環境協力のみには依存して達成できるものではなく、中国自身が環境規制の実効性、環境対策へのインセンティブ付与を強化させること等により、中国内に環境産業・市場を創出し、経済活動の一環として自律的に環境対策が進展するシステムを構築していくことが重要である。

### (1) 環境技術の導入基盤の整備

日本の企業が環境技術を中国に移転・導入するためには、これらの企業が所有する技術に係る知的財産権が十分に保護されていることが不可欠である。このため、中国において、技術の価値に対する認識を高め、知的財産権保護制度の整備が必要である。また、工場の環境対策の実効性をあげるためには、現場作業者に対して、技術向上に対するインセンティブの付与が必要である。

また、中国において環境装置・技術が普及するためには、新しい技術を円滑に導入・運転するために必要なエンジニアリング分野、メンテナンス分野、材料・部品等を供給する裾野産業分野の技術、人材、組織を育成するような施策が求められる。さらに、環境装置から生じる副製品である石膏、排熱利用を進めるための経済インセンティブの導入等、環境装置・技術の導入を進めるための基盤整備を行うことも重要である。

### (2) 技術導入に関連する諸制度の見直し

中国の貿易に関係している諸制度は、国際慣習を反映する形でWTOを踏まえ整備されつつある。技術導入に関連している諸制度を国際標準に近づけるために、「外国企業から移転された技術やノウハウは、正当に評価し、技術ロイヤルティを適切に支払う」「外国企業が、直接投資で進出し、正当な利益を上げた場合、投資に見合う回収が速やかに行えるように、税制を始めとする諸制度を見直す。外国企業が、移転した技術に関する義務や権利を国際慣行並にするように、技術導入契約管理条例及び同条例施行細則を見直す」等の整備が進んでいる。

品質等の保証問題を始め、販売範囲等の制限要求、第三者の権利侵害責任、契約期間の10年間限定等の問題の改善に加えて、ソフト・技術への評価が適正になされると共にロイヤリティへの営業税課税問題についての検討が行われている。

### (3) 環境規制の徹底

中国においては、環境規制と実態の乖離、技術指導力の不足、企業の規模、資本力による環境技術導入のファンダメンタルの差等により、環境対策の実効性があがっていない場合が見受けられる。このため、モニタリング・システムの充実等による環境管理体制の整備・強化、技術的・資金的に実行可能な水準の環境基準の設定、環境行政人材・ノウハウ

の充実、環境規制の運用の透明性向上等により、環境規制の運用の徹底を図ることが重要である。

#### (4) 設備更新、環境装置・技術導入に対するインセンティブの確保

旧式生産設備の環境調和型への更新や環境装置・技術の新規導入には多額のコストが必要となることから、中国においてこれらの更新・導入が進展するためには、規制の徹底と並行して、企業に対する経済インセンティブを付与することが必要である。このような観点から、中国政府においては、旧式生産設備の更新や環境装置・技術の新規導入を促進するための施策の推進が重要であると思われる。

#### (5) 明確な環境対策・計画の策定、地球環境問題への認識の向上

中国では、環境問題を個別的な発生源対策として捉える傾向が強く、総合的な環境対策を講じることが今後の課題となる。日本は公害を克服するために国・地方自治体レベルの公害対策基本計画のような具体的な環境計画を策定し、必要な行政資源を重点配分した。中国においても総合的な環境対策が重要であると思われる。また、中国では環境問題をこれと密接な関係にあるエネルギー問題と組み合わせて捉え、環境対策をより広い視野で捉え、環境対策とエネルギー対策を結びつけた総合的な基本政策を策定するとともに、省エネルギー技術の普及、新エネルギー技術の導入が促進されつつある。

また、地球環境問題については、明確な政策的位置付けを行うと共に、グローバルで総合的な視点に立った産業公害対策を推進するため、国際的枠組みへの積極的な参加も検討されている。

## 第8章 結語

近年、中国経済の急成長は世界の注目を集めているが、その一方で環境破壊が深刻な問題となって来ている。特に石炭による火力発電所から出される二酸化硫黄による大気汚染とそれに付随する酸性雨の被害は全地球的問題である、と言っても過言ではないだろう。

今回文部科学省科学技術政策研究所と中国科学技術部科学技術促進発展研究中心との間で交わされた共同研究の覚書に基づき、石炭燃焼炉に関する脱硫技術の技術移転の問題点と中国側の環境対策における課題等について日中双方において調査分析を行った。

環境対策は中国ばかりではなく、隣国である日本にとっても喫緊の要事であり、本報告書がそのための一助になれば幸いである。

[ 参 考 文 献 ]

- (1) 厚生省人口問題研究所: 人口の動向—人口統計資料集, 1996 年
- (2) 若林敬子: 中国の人口問題, 東京大学出版会, 1990 年
- (3) 若林敬子: 現代中国の人口問題と社会変動, 新曜社, 1996 年
- (4) 中国国家统计局: 中国統計年鑑, 1997 年
- (5) 中国国家统计局: 中国人口統計年鑑, 1996 年
- (6) 「日本の技術輸出の実態 (平成 10 年度)」 科学技術政策研究所
- (7) 「東アジア諸国のエネルギー消費と大気汚染対策」 科学技術政策研究所
- (8) 「日中の技術移転に関する調査研究」 科学技術政策研究所
- (9) 「中国のエネルギー事情と環境問題—エネルギーと環境に関する日中共同研究第二期最終報告書— 財団法人日本エネルギー経済研究所
- (10) 「平成 10 年度 中国石炭火力技術動向調査報告書」 財団法人エネルギー総合工学研究所
- (11) 「中国経済データハンドブック」 財団法人日中経済協会
- (12) 「海外電力 (2000 年 4 月号)」 社団法人海外電力調査会
- (13) 「中国情報ハンドブック (2000 年版)」 三菱総合研究所
- (14) 「中国の環境管理制度と大気汚染対策」 中島正博
- (15) 「'97 ENERGY REPORT OF CHINA」 国家計画委員会交通能源司
- (16) 「アジア等環境対策研究会報告書」 通商産業省通商政策局

文部科学省 科学技術政策研究所 情報分析課  
花井光浩、相馬 融、清家彰敏

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 1-3-2

TEL : 03(3581)0547

FAX : 03(3503)3996