

第 5 章

大気汚染問題と技術的対応の進展

堀井 伸浩

はじめに

中国の大気汚染が深刻であることは我が国でもひろく知られるところとなっている。北京は、実際には 10 年以上前と比較すると大気環境は格段の改善をみせているが、2008 年夏のオリンピックでは、真偽の程は不明であるが、マラソン競技の実施が危ぶまれるといった新聞記事が掲載されたほどである。実際に、世界記録保持者の選手が大気環境の悪さを理由に出場を取りやめる騒動も起こった。

北京などは状況としてはまだ良い方で、従来の工場などの排出源は多くが数年前に移転を迫られ、現在の汚染排出源は主に自動車などの移動発生源である。多くの都市や農村が北京よりはるかに悪い大気環境に置かれており、その原因は工場などの固定発生源による石炭燃焼がもたらす産業型汚染の側面が強い。すなわち主要エネルギーたる石炭の利用が中国の大気汚染問題の最大の要因である。従って中国が石炭を使い続けていることに対しては、特に環境問題の観点から否定的にみる意見が我が国では多い。そして中国は石炭の利用をやめなければ大気汚染問題の解決は不可能であると決め付けるような言説がまみられる。他方では、中国が石炭利用から脱却することは不可能であり、従って中国の大気汚染問題の解決の見通しは非常に悲観的であると結論を下す向きもある。

しかし中国自身は、第11次五カ年計画（2006～2010年）において、省エネルギーと並んで、大気汚染対策を重点分野にあげており、具体的にはSO₂の排出量を2005年比で10%削減するという目標を打ち出している。果たしてこの目標は実現可能なのか、そして可能だとしたらどのような対策を通じてなのか、これが本章で明らかにしようとする設問である。

本章は、「中国で今後も石炭を使い続けていくのは、環境面から難しい」という世の通説に反論したいと思っている。長年中国の石炭利用のボトルネックとしてあげられていたSO₂排出による大気汚染問題は、実は解決の方向がみえつつあるというのが本章の主張である。中国で進む急速な変化は、数年前の通説を時代遅れの陳腐な見方にしてしまうことを認識する必要がある。

本章の構成は次のとおりである。まず第1節において、大気汚染問題の状況とこれまで進められてきた対策に関して概観する。続く第2節においては、近年急速に排煙脱硫装置の導入が進む背景にある要因を分析し、鍵となったのは、国内生産メーカーの参入の増加がもたらした価格低下であったことを指摘する。そして第3節では、この排煙脱硫装置の普及という現象の考察を通じて、中国の環境問題の解決につながる技術的対応を機能させるためにはどのような条件が必要であるのかについて考察する。以上の分析を踏まえ、第4節では、中国において排煙脱硫装置が普及する過程で、環境技術先進国とされる日本が果たした役割、そして果たせなかった役割について言及し、今後の改善点を提言する。最後におわりには、本章の分析をまとめる。

第1節 大気汚染問題の状況と対策の経緯

1. 大気汚染問題の状況

まず世界のなかで、中国の大気汚染がどの程度の水準であるのか、データで概観しておこう。SO₂排出量データはそれほど容易に入手可能ではな

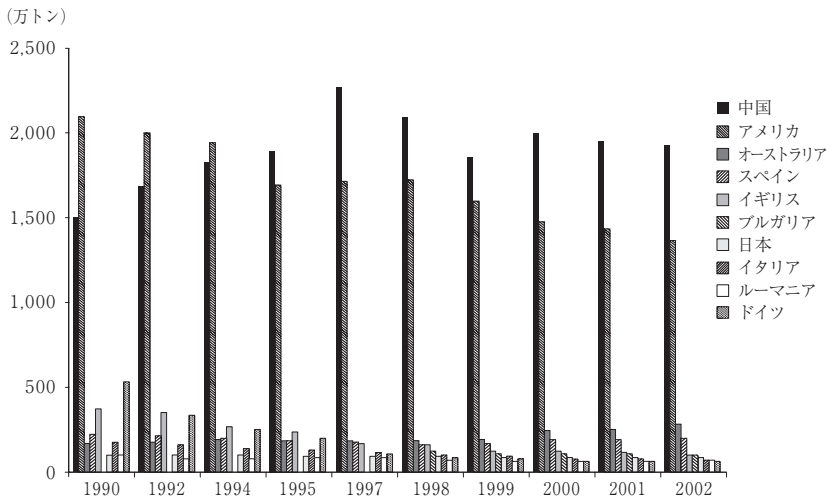
いこともあり、これまであまりこうした国際比較は行われてこなかったように思われる。

図1は世界各国のSO₂排出量の推移を示したものであるが、一見して明らかなおとおり、中国とアメリカは他の国々と比較にならない圧倒的に高い排出量水準となっている⁽¹⁾。1994年まではアメリカが世界第1位の排出国であったが、1995年からは中国が大幅に排出量を増加させ、世界第1位となっている。さらにアメリカはその後明白な下降傾向を示しているのに対し⁽²⁾、中国は1998年から1999年にかけて大きく水準を切り下げたものの、その後横ばい、若干の上昇傾向をみせている。そのため、中国とアメリカの差は2002年時点においてさえ、かなり大きくひろがっている。

国際比較できるデータは2002年までであるが、図2のとおり、中国の2003年以降の排出量を見てみると、2003年以降は再び上昇に転じていることがわかる。そして2005年には2549万トンと1995年の水準を上回る水準に達した（なお、日本は2002年時点で85万トンにすぎない）。

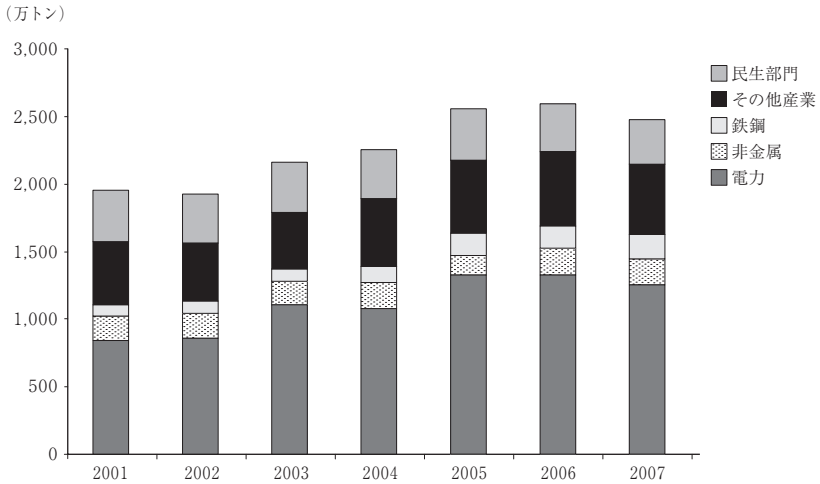
そもそも1998年から2002年にかけてのSO₂排出量の減少については、

図1 世界各国のSO₂排出量の推移



(出所) 中華人民共和国環境保護部[2008]より作成。

図2 中国の部門別SO₂排出量の推移



(出所) 中華人民共和国環境保護部[2008]より作成

慎重に吟味する必要がある。というのも、中国のSO₂排出量統計については、実測値ではなく、基本的に燃料、特に石炭の消費量とその品質（硫黄含有率）のデータに基づいて計算で算出されているからである。従って第1章でも言及したとおり、この時期は石炭の消費量統計に誤差脱漏、過少計上があると考えられるため、SO₂排出量も過少に統計されている可能性が高い（石炭消費量統計は2006年に国家統計局によって修正されたが、SO₂排出量統計は修正されていない）。

いずれにせよ、2003年から2006年にかけては、SO₂排出量の増加スピードがさらに加速した状況であることは間違いない（2007年の減少については後述）。その背景には、石炭消費量が急増している状況があり、それは当時の過熱とも称される経済の急成長がある。しかしこの時期、政策的対応は全くとられなかったのだろうか。次に、これまでのSO₂排出量削減のための環境政策の経緯について整理してみよう。

2. 大気汚染環境政策の体系

中国の大気汚染問題の解決、特にSO₂排出量の削減については、実際には1980年代から取り組みがはじまっている。大気汚染対策の基本となるのは、大気汚染防治法の規定である。同法は1987年に制定され、その後1995年、2000年に改正されている。汚染発生源については、工場などの固定発生源と自動車などの移動発生源の両方を規制の対象とし、環境基準としては濃度基準が規定され、その基準に応じた排出規制が地域ごとになされるという体系になっている。1995年と2000年の改正の理由は、大気汚染削減を実際に達成するための対策を具体化する措置を盛り込もうとしたものであった（また2009年時点、既に再度の改正作業に入っていると報じられている）。

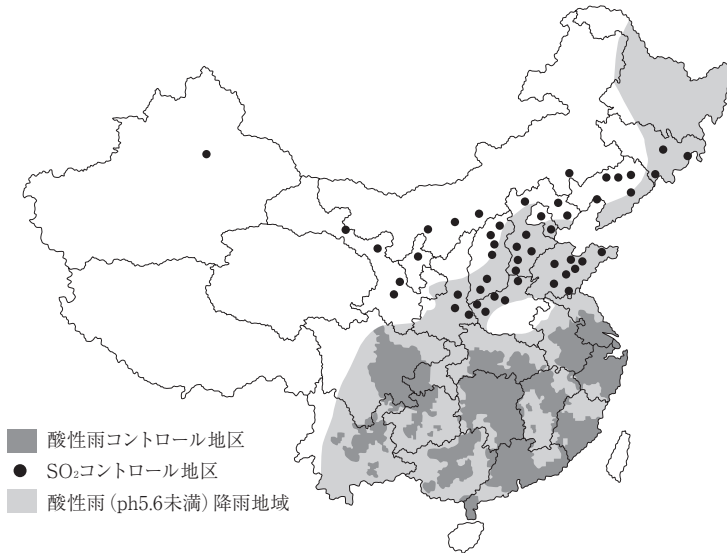
(1) 直接規制

中国の大気汚染削減を進める政策として、大きく直接規制と経済的手段にわければ、直接規制の代表は1998年に提唱され、2002年ごろから本格的に実施されるようになった「兩控区（二つのコントロール地区⁽³⁾）」政策である。これは酸性雨被害とSO₂排出の深刻な地域として全国で27省175都市（県級市、地区）の大気汚染が深刻な地域が指定されており（図3）、地域を限定することで、集中的に政策資源を投じ、実効性のある汚染管理を行おうとしたものであった。当時、中国全体の環境改善目標としては、2005年にSO₂排出量を2000年レベルと比較して10%削減するという第10次五カ年計画の目標があったが、「兩控区」内においては同20%削減することを目標としていた。この「兩控区」は全国の国土面積の11.4%、人口で39%を占めるにすぎないが、GDPでは67%、SO₂排出量は全体の60%近くを占めるということで費用対効果が良いと考えられていたことがこの政策の背景にあった。

具体的な政策の内容は、各地域において若干違いがあるものの、大枠は以下のようなものである。

①対象地区内の小規模な石炭焼きボイラー、飲食店などにおける石炭の使

図3 「両控区」の対象地域



(出所) IEA[2002] *Developing China's Gas Market-The Energy Policy Challenges*, IEA-OECD.

用を禁止，クリーンエネルギー（天然ガス，LPG（液化石油ガス）など）への転換を進める。

- ②対象地区内に「ゼロ石炭地区」を設置する。
- ③高硫黄炭の使用を禁止。具体的には，対象地区内においては，石炭の品質（硫黄分）規制を導入する。
- ④今後新設される発電プラントには，排煙脱硫装置の設置を義務付ける。
- ⑤市街区内に新規に建設される排出源に対しては，オンラインの連続汚染排出測定機器（Continuous Emission Monitors：CEMs）の装備を義務付ける。

以上の政策のほとんどが直接規制であり，排出者である企業が費用最小の対策を自ら選択する余地がないものである。直接規制は企業の排出削減コストなどの情報が不十分な政策当局が対策手段を指定するため，費用効率性を一層悪化させるとされている（フィールド[2002]）。しかしながら中国の，とりわけ地方においては，排出源の排出量や使用する石炭の品質

に関するモニタリングが困難な状況があるため、むしろ直接規制の方が行政費用も安く、確実にSO₂の排出削減を行える可能性が高い。上の政策のうち③を除けば、いずれも検査の際に一目見れば規制の遵守の有無が判明する規制であり、実効性が高いと評価できよう。

(2) 経済的手段

他方、経済的手段としては、排汚費と呼ばれる汚染課徴金制度が導入されている。大気汚染については煤塵とSO₂の排出量に応じて課徴金を徴収するというものである。

この排汚費については、①徴収金額が汚染削減コストと比較してあまりに低く、企業は汚染対策よりも排汚費を支払うことを選択するため、汚染削減のインセンティブをむしろ阻害している、②汚染排出量の総量ではなく、基準超過量のみへの課金である、③企業は徴収対象の汚染物質のうち、排出量が最大のものについてだけ支払えばよく、そのほかの汚染物質については支払う必要がない、④徴収した排汚費の用途が当初の規定と異なり、環境対策以外の用途に流用されている、などの問題があると指摘されてきた（国家環境保護総局[2003]）。こうした問題の存在を考えると、2003年以前の排汚費が経済的手段の役割を果たしてきたかは疑問であった。

そこで2003年7月には排汚費の運用を抜本的に改革し、①従来のSO₂0.95キログラムあたり0.2元という水準から2004年に0.4元、2005年に0.6元に引き上げる、②汚染排出の総量に対して課徴金を徴収、③企業は排出する汚染物質のうち3種類まですべて排汚費を支払う、④徴収した排汚費はすべて財政部門が厳密な管理の下、用途についても申請をきちんと審査したうえで決定する、という変更をほどこすこととなった。

しかしこうした改革を行ったとしても、排汚費には根本的な問題が存在する。以下、排汚費制度の実態面について検討を加えることとしよう。

排汚費は本来、排出ベースでSO₂排出量をきちんとモニタリングして徴収すべきものであるが、排汚費の運用に当たる県（日本の市に相当）の環境保護局は、自らの経常費用からモニタリングに必要な検査の支出を嫌うため、実際にはほとんどの場合、企業に使用する石炭の品質（灰分と硫黄

分)を申告させ、それにもとづき計算式で煤塵、SO₂の排出量を算定、課徴金額を決めている。この場合、企業が虚偽の申告を行う可能性を排除できず、その防止には、使用する石炭のサンプリングによる工業分析などの検査が必要である。

しかし同様に経常費用からの支出が必要なため、これもほとんど実施されない。その意味で、政策当局が企業に要求する課徴金額は両者の交渉ベースで設定可能な恣意的なものであるといえる。また実際に企業におもむき、排污費を徴収するのは大変で、業績の優れない企業などは暴力に訴えたりして納付を渋るため、結局割り引いて払えるだけ徴収するという結果に陥りがちであり、未払いの企業も多い。ある調査では、県以上の場合で徴収率は7割、県以下だと徴収率5割、すなわち県以下の半分以上の排污費は未徴収となってしまうという(李[1999:108])。

一方、徴収した排污費はその用途として、およそ7割は環境対策関連の投資を行った場合に企業に還付され、1割は国庫、2割は省や県の環境保護局の経常予算として計上されることになっている。ここで問題なのは、地方、特に県レベル以下の環境保護部門の経常予算の相当部分が排污費によってまかなわれ、政策当局にとっては排污費がユーザーの環境対策によって弾力的に変動するのでは都合が悪く、固定的な収入源とみなされることである。そうした状況下、地方における排污費の実際の徴収状況を見ると、基本的に前年踏襲の金額を徴収し、例えば企業が低硫黄炭に燃料改善したにもかかわらず、排污費の減額が認められなかったという事例をしばしば耳にする。

徴収した排污費は環境対策関連の投資を行うと企業が申請すれば、還付されることとなっていた。しかしこの還付が認められる環境関連の投資というのは定義が幅広く、例えば工場内の緑化や従業員の福利厚生施設などであっても、環境の名目を付ければ還付が認められるケースが多かったという。したがって実際の環境対策を促す役割はある程度割り引いて考える必要があろう。また原則的に、徴収した排污費は支払った企業に還付することになっており、他の汚染排出源の改善に用いることは認められていなかった。このことにより、従来の排污費は企業にとっては生産コストとし

て処理することで税控除を受けることができ、将来の設備投資のための積立金という受け止められ方であったとも指摘されている (Blackman and Harrington [1999])。

以上のように、汚染物質の排出量に応じて課徴金額が増減し、企業に汚染対策インセンティブを与えるという本来の汚染課徴金制度としての役割は、排污費の実際の実施状況からいえば有名無実であった。実質的には煤塵、SO₂の排出量とあまり関係のない固定的な税金にすぎなくなってしまっており、環境税としての汚染削減インセンティブを与える機能は発揮されていない。その理由は、排污費徴収の直接の実施組織となる県の環境保護局のモニタリング、行政能力に制約があるためである。排污費の現実には、政策が理論的検討の結果と異なり、実際の現場に導入された際にはその政策の実施コストによっては目論見どおりに機能しないことがあり得ることを示している。少なくとも2003年以前の排污費は実際に汚染削減インセンティブを与えようとするよりも、企業の汚染削減投資のための資金の強制的積み立てと地方の環境保護部門にとっての経費調達チャンネルがおもな機能であったといえよう。

排污費が経済的手段として期待された機能を発揮できなかった理由としては、以下のことが指摘できる。まず課徴金の徴収金額の水準が非常に低く設定されていたため、直接規制の場合と反対に、汚染削減は過少にしか行われてこなかったことである。さらに既に述べたように、排污費は環境基準値の超過分のみでの徴収であったこと、1種類の汚染物質のみの支払いでほかについてはまぬがれたこと、そしてその低い水準でさえ、政策実施の実効性が担保されないために、未払いの排出者が相当数存在したことである。従って排出者に汚染削減を促してきたのは排污費によるよりも直接規制によるところが大きかったと考えられる。

2003年から実施された改革後の排污費は少なからず良い方向への変化が生じたと考えられる。特に徴収基準の引き上げと総量賦課方式への転換はようやく経済的インセンティブが働くようになる可能性があるし、徴収した金額の用途を支払った企業への還付にとどめず、自由に環境保護投資に用いることができるようにしたことも環境投資を加速させる機能を持つ

と考えられる。しかしこれもすべてモニタリングと環境行政能力の裏付けなしでは円滑に進まないシナリオであり、これまで検討してきたようにその制約は依然大きく、結局捕捉のしやすい大企業についてはある程度機能するものの、中小企業については従来どおり相当制約があるものと考えられる。中国は中小企業による汚染排出の比率が高く、決して無視できない。またこの改革によって逆に地方の環境保護局のモニタリング、行政能力が一層弱体化するリスクもあり、改革後の排污費制度のパフォーマンスについて今後きちんと検証する必要がある。

3. 第10次五カ年計画における大気汚染対策の失敗

さて、2000年以降に強化された直接規制（「兩控区」政策）と経済的手段（排污費）の実際の削減効果はどうだったのか、第10次五カ年計画（2001～2005年）における実績をみてみよう。

第10次五カ年計画においては、大気環境改善目標として2005年にSO₂、粒子状物質の排出量を2000年比で10%削減するという目標が掲げられていた。具体的には、SO₂排出量は1800万トン（うち工業部門1450万トン）、粒子状物質：2000万トン（うち工業煤塵850万トン、粉塵850万トン）という目標であった。

また既に述べた直接規制の重点対象地域として指定した「兩控区」においては、SO₂の排出量を2000年比で20%削減するというより高い目標が設定され、具体的な数値目標としてSO₂排出量は1053万トン以内とすることが設定されていた。

ところが第10次五カ年計画の目標年である2005年の排出量は、まずSO₂排出量については2549万トンと、目標1800万トンを41.6%超過する排出量となった。特に工業部門の排出量は2168万トンと、目標であった1450万トンを49.5%も上回る排出量となってしまった。また重点対策を講じたはずの「兩控区」についても、2005年の実際のSO₂排出量は1472万トンと目標として設定した1053万トンを39.8%上回る超過水準となり、結局第10次五カ年計画の目標はいずれも大幅な未達となってしまったわ

けである。

「両控区」や排污費の改革によって、直接規制としても、経済的手段としても、大気汚染対策が強化されたにもかかわらず、SO₂排出量の削減効果はみられなかった原因はどこにあるのだろうか。目標が高めに設定されていたのは事実であるが、結局削減どころか大幅な増加という結果となってしまった。その原因としては、①経済過熱による工業化の再加速がもたらしたエネルギー消費量の急増、②環境政策を実際に遂行する地方政府のネグレクト、③環境保護産業の未成熟による環境対策コストの高止まり、④モニタリングの不備による経済的手段（排污費）の機能不全、などが指摘できると思われる。

そのなかでも、実は③の環境対策コストが高止まりしていたことが最も影響が大きかったのではないかと筆者は考えている。というのも、粒子状物質については、第10次五カ年計画の目標値は2000万トンであったが、2005年の実績は2094万トンとほぼ目標を達成したためである。これは当時、SO₂削減技術の代表例である排煙脱硫装置の導入コストは依然として非常に高く、他方、粒子状物質削減に必要な電気式集塵機やバグフィルターは排煙脱硫装置と比較するとはるかに安価なコストで導入が可能であったことがある。この点は次節で分析するように、その後排煙脱硫装置の導入コストが大幅に低下したことで、第11次五カ年計画においては大幅に排煙脱硫装置の導入が進む見通しであることも考え合わせれば、中国の大気汚染対策（に限らず、あらゆる環境対策）の進展に対策コストの低減がいかに重要かを示唆する結果であると思われる。

第2節 大気汚染防止への技術的対応の進展： 排煙脱硫装置導入のケーススタディ

1. 排煙脱硫装置導入の状況

さて、前節でみたように、第10次五カ年計画における中国の大気汚染

削減のための取り組みは、少なくとも結果だけをみれば惨憺たる結果であったといわざるを得ない。2000年以降、環境政策は大幅に強化され、取り組みを進めるための規制、制度も整備されてきたにもかかわらずである。

そして中国政府は第11次五カ年計画において、環境対策を省エネルギー、省資源と並んで、重点対策分野として取り上げることとなった。そして同計画の目標年である2010年において、2005年比でSO₂排出量を10%削減するという目標を再び掲げている。

これに対し、我が国ではこの目標達成に対しては当初悲観的な見方が多かった。しかしながら今回はこの目標については実現の可能性が高いものと思われる。というのも、SO₂排出削減の抜本的対策である排煙脱硫装置の導入が急速に進みつつあるためである。表1のとおり、導入済発電設備の容量は2001年の時点でわずか53万キロワットにすぎなかったが（発電設備全体に占める比率は2.1%）、2005年には4910万キロワットにまで増加している。さらに建設中の設備容量をみると、2005年には2億829万キロワットと大量の排煙脱硫装置が導入に向けた準備段階にあったことがわかる⁽⁴⁾。

しかしながら、中国で排煙脱硫装置の普及が急速に進んでいるというこうした事実にもかかわらず、我が国では中国の環境対策について依然否定

表1 排煙脱硫装置の導入・建設状況

(単位：万kW)

	2001	2002	2003	2004	2005
火力発電設備容量	25,300	26,555	28,977	32,500	39,100
導入済・建設中排煙脱硫装置設備容量合計	250	824	1,574	11,809	25,739
うち新設設備					20,509
うち既設設備					5,230
導入済排煙脱硫装置設備容量	53	139	210	1,607	4,910
うち新設設備					2,946
うち既設設備					1,965
建設中排煙脱硫装置設備容量	198	686	1,354	10,203	20,829
うち新設設備					17,563
うち既設設備					3,265

(出所) 国家環境保護総局科技標準司・中国環境保護産業協会[2007]

的な見方が多い。曰く、「中国ではまだまだ経済成長優先で環境対策をする余裕はない」、あるいは「中国では環境規制が機能せず、特に地方では垂れ流し状態だ」というような言説が方々でみられる。しかしこの排煙脱硫装置の急速な普及という事実は、そうした見方がやや一面的であり、中国にも前向きな変化は多々みられるのではないかと再考を迫るものである。第11次五カ年計画の目標は、最終年である2010年に排煙脱硫装置を合計3億5500万キロワット、6割の石炭火力発電設備に導入するものであった。計画どおり導入されれば、590万トンのSO₂削減量となり⁽⁵⁾、第11次五カ年計画の2005年比で10%削減という目標には十分に達成できる見込みである。そして実際、2008年末時点での導入済排煙脱硫装置の設備容量は3億7900万キロワット、石炭火力発電設備全体に占める比率は66%に達し、既に計画を前倒しで超過達成している。その結果、先の図2の通り、SO₂排出量は2007年に減少に転じたのであった。

もっとも排煙脱硫装置がこれほど急速に普及することは、わずか数年前まで全く想定外だったことも確かである。というのも、排煙脱硫装置はいわば高級な環境設備であり、発展途上国である中国が導入するにはコスト的に障壁があまりに高いように思われていたためである。従って次に考えるべきは、一体どのような要因で中国において排煙脱硫装置が大々的に導入が進むようになったかである。

2. 排煙脱硫装置普及の背景要因

中国で2004年ころから急速に排煙脱硫装置の導入・建設が進むようになったのは、設備導入にかかわるコストダウンこそが鍵であった。2000年時点ではキロワットあたりの導入コストは800~1300元であったが、2005年には同150~250元にまで低下することとなった。驚くべきことに80%もの大幅な価格低下である。政府の規制強化とともに、またそれ以上にこの導入コストの低減が排煙脱硫装置の導入を後押しするのに多大な貢献があったと考えられる。

筆者は、現在の中国は、「そろそろ環境対策にも目配りをしはじめた段階。

ただし、コスト次第で」という水準にあるのではないかと感じている。それは既に述べたとおり、第10次五カ年計画においても、SO₂対策は大幅に目標を上回る失敗に終わったものの、粒子状物質に関してはほぼ目標どおりの10%削減を達成したことからもそのように判断できる。当時、粒子状物質の削減が進んだのは、煤塵対策の設備導入コストは排煙脱硫装置にくらべれば断然低く、ユーザーの負担能力とバランスがとれていたためである。

そして、この予想をはるかに超える排煙脱硫装置の価格低下を実現した原動力は、装置の国産化と数多くの企業の参入による競争であった。2003年にはわずか7~8社にすぎなかった国産メーカーは、2005年には46社に急増することとなった。価格の低下は、具体的には組み立てコストや部材コストの節減、市場ニーズに合わせた脱硫プロセスの簡略化などによって達成されたものであるが⁽⁶⁾、それは多数の新規参入企業の間で展開された激烈な競争の下で達成されたものであった。そして導入コストの低減こそが、政府の規制が効果を発揮し、企業（発電所）が大々的にSO₂対策に乗り出す条件を整備したと評価することができるのである。

かつて筆者は、中国において排煙脱硫装置の普及を進めることはあまりに投資費用がかさみ、費用効率性で劣るという分析を行ったことがある（堀井[2005]）。そして排煙脱硫装置ではなく、そのほかの手段、特に炭鉱の山元で徴収する硫黄税がSO₂排出量削減に最も費用効率性が良いと結論付けた。この結論自体は現時点でもある程度有効であると考えているが、当時思いもよらなかったのが、排煙脱硫装置の導入コストがこれほどまでに低下するという事態であった。表2は2000年時点での中国の排煙脱硫装置の導入コストを試算したものである。2000年時点では、既に述べたとおり、国内の排煙脱硫装置メーカーは数社にすぎず、そのほとんどが海外から技術導入をしたばかりという状況であった。要するにこの試算で用いた排煙脱硫装置の導入コストはほぼそのまま日本や欧米企業の製品価格の水準であったといえる。この時点でのコストデータを用いて試算すると、排煙脱硫装置をすべての発電所に導入した場合の導入コストは、GDPの2.1%、固定資産投資の6.3%に及ぶ巨額のコストとなったのである。

表2 2000年時点でのコストデータによる導入コスト試算

	基数 (基)	設備容量 (万 kW)	導入技術	初期投資額 (億元)	運転費用 (億元・年)
200MW以上の 発電ユニット	455	12,802.5	湿式石灰石- 石膏法	856.487	263.641
200MW未満の 発電ユニット	3,091	8,307.33	乾式 LDS 法	395.429	525.563
合計	3,546	21,277.83		1,251.916	789.203

(出所) 堀井[2005: 31]

しかし実際には、その後に多数の国産メーカーが参入した結果、わずか数年で大幅な導入コストの切り下げが実現し、それが急激な排煙脱硫装置の普及を後押しすることとなった。そこで次なる設問である。こうした排煙脱硫装置の価格低下を導いたメーカーの参入増加による競争、海外技術の国産化はどのようにして達成されたのか、政策の果たした機能はどのようなものであったのか、この点について次節で考察しよう。

第3節 大気汚染対策技術の革新と政策の役割

1. 市場の創設機能と国産化を促す産業政策

まず重要なことは、排煙脱硫技術は2000年時点では既に標準化、成熟化した技術であるにとらえられていたことである。世界で排煙脱硫技術について優位性を持っていたのは日本やドイツなどの企業であったが、いずれも導入を開始したのは1970年代にさかのぼり、その後は大幅なコストダウンもないまま今に至っている。それがわずか数年で予想もしえない大幅なコストダウンに中国は成功したわけである。この点は今後の環境問題に対する技術的対応を考える上で重要な示唆を持つものだといえる。

出発点において、中国は基礎技術を有していなかったこともあり、当初は完全に海外からの技術導入に頼らざるを得ない状態であった。そして2003年時点でも60万キロワット以上の排煙脱硫装置については、国内メー

カーには全く生産能力がなかった。またそれ以下の規模でも重要な部品については輸入が中心で、国産化率は60%程度にとどまっていた。

先の表1のとおり、排煙脱硫装置の導入が急加速したのは2004年であり、この年、建設中のユニットが一気に1億203万キロワットに急伸び、前年比7.5倍となった。この背景には、2003年に環境保護総局によって火力発電所のSO₂排出基準が改正され（GB13223-2003）、総量コントロールの数値目標が明確に設定されたことがある。すなわち環境基準の厳格化と目標が明確に設定されたことで、ようやく排煙脱硫装置の市場が生まれるとともに、その市場規模がはっきりと企業にシグナルとして送られることとなったのである。そしてその規模は恐らく先の表2で筆者が試算したものと同規模ないしそれ以上であったものと思われ（コストは既に下がりはじめていたが、かわりに火力発電設備は2000年比で1.4倍に増大していた）、多数の企業が巨大なビジネスチャンスに色めきたったと思われる。

また2000年2月に国家経済貿易委員会によって公布された「火力発電所の排煙脱硫の鍵となる技術と設備の国産化の要点に関する通知」（国経貿資源[2000]156号）も重要な役割を果たしたものと思われる。この政策文書で注目すべきは、この時点で明確にコストダウンのために国産化を行い、普及につなげるという戦略が指し示されていたことである。この時点での目標は、2003年末時点で国産化率90%以上、2005年末時点で同95%以上というものであった。この政策方針は脱硫装置生産メーカーが国内の部材メーカーを育成するインセンティブを与え、コストダウンに大いに寄与した。

また実際にこの国家経済貿易委員会の国産化推進の政策にもとづいて、モデルプロジェクトが実施された。特に基幹部品である吸収塔内の噴霧ノズルの開発に成功したことが大きい。しかし2005年時点で95%以上という目標は達成されていなかったようで、2005年5月には国家発展改革委員会は国産化率を3年で95%以上に引き上げる目標を改めて掲げ、国産メーカーによる部材メーカーの育成をさらに促すこととなった⁽⁷⁾。

このように政府の政策は、中国国内メーカーによる排煙脱硫装置の価格低下に大きな影響を与えたものと考えられよう。企業参入が自然に発生し、

自動的に価格低下が達成されたわけではない。排煙脱硫装置の生産コストの内訳は、①原材料（主として鉄鋼）費用40%、②製造費（輸送費の占める割合が高い）20%、③技術パテント料5~10%（国産化により減少傾向）、④管理費（利潤含む）30~35%となっているとされる。国産化によって①と③を低減しようとするのはコスト全体の半分近くを対象とすることであり、コストダウンの効率性という意味では的を射ていたといえよう。

2. 粗悪製品の横行と運転管理モニタリング

他方、コストダウンは実現したものの、それが果たして「正しい」コストダウンであったのかという点については慎重に考えなくてはならない。というのも、導入された排煙脱硫装置のなかには、品質に多大な問題がある粗悪製品も含まれているためである。品質劣化の原因として、プロジェクトで要求される工期があまりに短いことや悪性の価格競争に陥ってしまい、投入材料を節約する対応が蔓延していることなどが指摘されている。また使用する石炭の品質と脱硫装置の設計とを十分に調整していないケースなども多々みられるようである。そのため、故障発生率が高くなっており、吸収塔内の攪拌機、溶剤の循環ポンプ、ファン、噴霧ノズル、熱交換器などに特に故障が発生しているとされる。

こうした状況を見ると、排煙脱硫装置で生じた価格低下も限度を超えたものであったのではないかという感がある。わずか数年で8割も価格が急激に下落したことで、「真っ当な」国産メーカーも大いに苦しめられていると考えられる。2004年の時点（すなわち市場が最も拡大していた時期）でさえ、売り上げは大幅に伸びていたにもかかわらず、業界全体の利潤率は前年の22.1%から18.9%に低下しはじめていたとされる。2005年になると、たとえば業界第13位の龍浄は12.3%、業界第16位の菲達環保で7.4%にまで低落し、さらに2006年にはそれぞれ8.9%、3.9%にまで落ち込むこととなった。収益の落ち込みは、価格の下落によるところが大きいですが、ほかにも鉄鋼など投入財の高騰の影響もある。

こうした状況は過当競争の様相を呈しており、長期的な環境産業の発展

という意味で望ましくない。価格下落を引き起こしているのは、粗悪製品を生産しているメーカーによるダンピング受注であるといえるが、粗悪製品が横行しているのは、工業規格基準などが十分に整備されていないことが原因として考えられる。排煙脱硫装置に関しては生産メーカーの台頭が急激であったため、政府の産業管理が行き届かなかった点は指摘しておくべきであろう。しかしながらそうした政府の規制が緩かったことが幅広い参入をうながし、それまでの常識では考えられないコストダウンを実現したこともあり、政府の規制と市場とのバランスをどう取るかは難しい問題であるといわざるを得ない。

他方、排煙脱硫装置そのものは幅広く普及していく見通しである一方、以前から指摘されている「中国では環境設備を設置したけれども運転しない」という問題は引き続き存在しているのも確かである。排煙脱硫装置は初期投資も膨大であるが（例えば設備容量 600 キロワットの平均的な発電所では 1 億元以上）、運転費用についても年間数千万円を要する。環境規制を遵守しているかどうかについてのモニタリングに制約がある中国では、設置はしたものの運転率は極力低くとどめておきたいとするインセンティブは強い。その結果、当初は排煙脱硫装置の運転率が低下しているという問題も指摘された。

しかしこうした問題点をことさらにあげつらって、「だから中国では環境対策が進まないのだ」と断罪するのはやはり長期的な変化の方向性を見失った議論だと思われる。むしろ中国が年々対策をきちんと進展させてきていること、そして曲がりなりにも設備がきちんと導入されたという長足の進歩を素直に評価すべきである。次の課題である運転率向上の問題についても、既に政府は発電所ではなく、独立した専門の脱硫会社を設立し、設備の運転、維持管理を担わせる ESCO 方式による対策を講じるなど、改善策を模索している。また上海市や広東省などでは排煙脱硫装置を設置済みの発電所に対し、常時排出をモニタリングする CEMs（連続汚染排出測定機器）の導入を進めており、既に主要な発電所には導入済みであるという⁽⁸⁾。このように運転率の向上についても、基本的な対策は既に着手済みといえる。

第4節 日本の環境技術協力に対する示唆

以上の分析を踏まえ、排煙脱硫装置の急速な普及という現象とその背景から示唆される日中協力方式の改革の必要性についても言及しておきたい。表3は中国国内の排煙脱硫装置メーカーのトップ20社についてまとめたリストである。表をみて感じることは、日本企業の存在感の低さである。日本はドイツと並び、排煙脱硫技術については世界最先端と評価されている。ところが表のとおり、技術移転元として目立つのは、ドイツをはじめとするヨーロッパ、そしてアメリカである。日本は第3位の博奇はと

表3 排煙脱硫装置メーカーのトップ20社ランキング（2008年末）

	脱硫企業名称	脱硫設備容量/MW		技術移転元
		導入済	契約量 合計	
1	北京国電龍源環保工程有限公司	39,663	68,829	ドイツ
2	武漢凱迪電力環保有限公司	34,310	49,700	アメリカ, ドイツ
3	中国博奇環保科技有限公司	32,870	52,496	日本
4	浙大網新機電工程有限公司	22,200	39,300	イタリア, フランス
5	中電投運達環保工程有限公司	20,744	41,822	オーストリア, 日本
6	山東三融環保工程有限公司	19,070	26,420	ドイツ
7	福建龍淨環保股份有限公司	18,040	42,360	ドイツ
8	浙江天地環保工程有限公司	16,350	19,050	アメリカ, ドイツ
9	清華同方環境有限責任公司	16,105	26,872	オーストリア, 中国
10	中国華電(集团)工程有限公司	14,287	23,662	アメリカ, 日本
11	江蘇蘇源環保工程有限公司	13,720	18,925	中国
12	中国大唐環境科技工程有限公司	12,080	18,310	オーストリア
13	北京国電清新環保有限公司	10,770	11,960	韓国, 中国
14	貴州星雲環保有限公司	8,455	8,400	ドイツ
15	北京朗新明環保科技有限公司	5,460	6,860	中国
16	浙江菲達環保科技有限公司	5,140	7,180	ドイツ
17	廣州市天賜三和環保工程有限公司	4,410	6,680	アメリカ, デンマーク, ドイツ, 中国
18	山東電力工程諮詢院有限公司	4,005	4,835	オーストリア
19	浙江藍天求是環保有限公司	3,985	6,645	オーストリア, イタリア
20	湖南永清脱硫股份有限公司	3,965	4,565	イタリア, アメリカ, ドイツ

(出所) 国家發展改革委員会[2009]「2008年度火電廠煙氣脱硫産業信息」, 各社ホームページより作成。

もかく、ランキングのなかにもあまり名前が出ておらず、名前が出てきているものについても実は当初は日本の技術を採用していたものの、商品化する際にはコストダウンの面で問題が生じ、他の国の技術が採用されることとなった例が多い。従って中国で普及している排煙脱硫技術の多くは元々が欧米由来の技術となっているのが実情である。

日本は90年代初期から、国際援助の枠組みで日本の環境技術を途上国へ移転しようとするグリーンエイドプラン（GAP）の一環として、中国への排煙脱硫装置にかかわる技術協力を非常に熱心に取り組んできた。また実際に、少なからぬモデルプロジェクトが行われてきた。そうした政策的支援もあったにもかかわらず、肝心の普及段階では日本の技術は遅れをとる結果となったのである。

その原因は、実は日本企業と欧米企業の技術移転方式による違いに求められるように思われる。日本企業は合併企業を設立し、自分達の既存の技術をそのまま持ち込もうとしたのに対し、欧米企業は特許で中国企業に技術を販売し、生産は中国企業に全面的に任せる方式をとった。欧米企業の方式では、中国企業が中国市場のニーズに合わせて製品をカスタマイズする余地が大きかったため、コストダウンが進み、高い市場シェアを押さえる結果をもたらしたものと思われる。

このことは、我が国で広く信じられている「日本の省エネルギー・環境技術は世界一。従って国際競争力も高い」という通説に対し、厳しく見直しを迫るように思われる。技術水準が高いとしても、市場ニーズとの乖離が大きい場合、必ずしも市場競争力があることを意味しない。日本は楽観視できない状況であると筆者は考えている。

筆者の提言は、日本企業は既存の技術をそのまま持ち込むのではなく、中国市場に飛び込み、安価でそれなりに品質の良いモノを作り出す中国企業の優位性を活用して、技術のカスタマイズ、コストダウンを達成するために努力を傾けるべきだというものである。知的所有権保護の問題などもあるのは重々理解できるが、現状のままでは排煙脱硫装置の失敗に引き続きまたしても大きな商機を失うことが懸念される。そしてそうした日本企業の取組を支援するためにも、これまでの日中技術協力方式の基本パター

ンであったモデルプロジェクトはもはや役割を終えて、日中の企業同士が協働できる環境作りこそ行うべきことだと考える。

おわりに

本章においては、排煙脱硫装置の急速な普及という現象を取り上げ、中国の主要エネルギーである石炭の持続可能な利用の可能性について議論した。往々にして中国の大気汚染問題の元凶として指弾される石炭利用であるが、技術の導入によって利用の制約となっている環境問題が大きく改善の方向に向かいつつある現状を紹介した。また急速に排煙脱硫装置の導入が進む背景にある要因として、国内生産メーカーの参入の増加がもたらした価格低下があったことを指摘した。

排煙脱硫装置の価格低下をもたらしした要因として、環境規制の策定とそれを実施する強い意志が政府によって示されたこと、それが排煙脱硫装置の市場を創設する機能を果たしたという点、そして排煙脱硫装置の国産化を進める産業政策が同装置の価格低下に一定の役割を果たしたという点を指摘した。

またこうした中国における排煙脱硫装置の普及において、環境技術先進国とされる日本は実際にはあまり大きな役割を果たせなかったことは改めてしっかりと考察する必要がある。その原因は、日本企業が自らの既存技術の移転にこだわり、中国企業によるカスタマイズを認めず、その結果、中国企業のコストダウンの能力を活用できなかったことにあると考えられる。今後日本は環境技術を積極的に発展途上国にも移転することで大きなビジネスチャンスをつかみ取ることが期待されるが、そのためには中国企業をうまく活用してコストダウンを実現していくことが肝要であると思われる。

排煙脱硫装置の市場規模は少なく見積もってもわずか6年余りで533億元（約7462億円）と巨大なものであったと考えられる。しかし日本企業の中には激しい価格競争を嫌って、また知的所有権の問題もあり、中国市

場への参入に及び腰の企業も多いように思われる。既に家電メーカーなどは生き残りをかけて中国に軸足を置く企業も増えつつあるようだが、特にエネルギー・環境関連企業はハイエンドの自らの製品をそのまま売り込もうという姿勢を崩していないように思われる。しかし本章で事例として取り上げた排煙脱硫装置が示唆するのは、そうした対応では市場シェアを取れない憂き目を再び繰り返すのではないかという懸念である。

また環境技術の市場規模という面から見れば、今後は中国市場が圧倒的な存在感を示すことになるのは明らかである。技術は現場で練り上げられ、進化、革新につながると思われるが、その意味では中国市場を取らずして、日本の技術面での優位性を維持できるかどうか心もとない。中国市場に浸透した欧米企業、あるいは中国企業が中国市場で上げた利益を投資し、日本を超える技術水準に成長してくる可能性も決して小さくないように思われる。日本は企業も、政府も、対中環境戦略を再構築すべきである。

ところで石炭の持続可能な利用といった場合、SO₂のような大気汚染問題については排煙脱硫装置の普及によって解決の道筋が立ったとしても、地球温暖化問題についてはどうかという疑問の声もあるだろう。温暖化に対しては、確かに炭素強度の強い石炭というエネルギーは元来不利な立場であるといわざるを得ない。省エネルギーだけでは自ずと限界があり、炭素回収・貯留（CCS）技術など、排煙脱硫装置に相当する抜本的対策なしには解決とみなすことはできないというのも妥当な意見であろう。

しかしこれについても筆者は、排煙脱硫装置で起こったような、中国企業による技術改善とコストダウンが今後進むのではないかと希望的観測を持っている。温暖化対策技術は日本も含め、世界中でまだ導入のめどが立たない最先端の問題である。それに対して中国企業が貢献できるはずがないとみるのが大方の向きかもしれない。

しかし環境技術は先進国が優位性を持つというのはこれまでの常識にすぎないように思われる。環境技術もモノ作りが基盤にあることは変わりがない。だとしたら、「世界の工場+開発拠点」として台頭いちじるしい中国が環境技術についても重要な役割を果たすと考えることもあながち夢想とばかりはいえないのではないだろうか。中国のモノ作りによるコストダ

ウンが、逆に世界で温暖化防止技術の障壁となっている高コスト要因を克服するかもしれない。

〔注〕

- (1) なお、SO₂については、健康被害という面では排出量ではなく、濃度こそが重要であり、アメリカや中国のような広大な国土を持つ国では排出されたSO₂については拡散され、希釈されるため、国土の小さな国、例えば日本で同量の排出量を出すのとは影響に違いがあるという指摘はあり得るだろう。しかし図1のとおり、他の国々と比較してあまりに量的に巨大で、拡散するといっても限界があるように思われる水準であること、またアメリカでは主要排出源である発電所などは住民の居住地から離れた郊外に立地しているのが通常であるのに対し、中国では発電所などの排出源は都市内に立地していることが多く、拡散、希釈には限界があるため、排出量の削減自体も重要と考えるべきである。
- (2) アメリカで90年代以降、SO₂排出量が減少しているのは、大気浄化法（Clean Air Act：CAA）が1990年に規制強化され、排出基準が厳格化されたこと、そしてSO₂については排出権取引制度が導入されたことでより効率的な削減の取り組みが進んだことが指摘できる。
- (3) 「両控区（2つのコントロール地区）」とは、「酸性雨コントロール地区」と「SO₂コントロール地区」を指す。
- (4) 従って第10次五カ年計画の最終年である2005年にはSO₂削減効果を発揮できる導入済みのユニットこそ全体の12.6%にとどまっていたが、対策自体は既に進みはじめていたといえる。
- (5) 排煙脱硫装置の汚染削減効率を考えれば、削減量が少ない印象があるが、それは2005年に比して2010年の発電設備容量自体が大幅に増大していること、そのため脱硫装置の導入が新設の発電設備を中心に進められており、従来から存在する設備に対する導入率は3割強にとどまることがその原因である。
- (6) この国産化によるコストダウンの具体的な内容については、筆者は別稿を準備中である。
- (7) ただし、この2005年の国産化率95%以上という目標が達成されていなくても、既にかかなりのコストダウンが実現していることを考えるとこれ以上の国産化にはそれほど大きな意味がないようにも思える（2005年時点で国産化率は90%に達していたというデータもある）。
- (8) 2008年12月の現地調査インタビューにて聴取。

〔参考文献〕

〈日本語文献〉

- 中国環境問題研究会編[2007]『中国環境ハンドブック 2007—2008年版』蒼蒼社。
 バリー・C・フィールド[2002]『環境経済学入門』日本評論社。
 堀井伸浩[2005]「中国の大気汚染対策の評価—費用効率性と政策実施コストの観点から—」, 寺尾忠能・大塚健司編『アジアにおける環境政策と社会変動—産業化、

民主化, グローバル化 (第1章)』日本貿易振興機構アジア経済研究所, 所収。
——[2008]「石炭は依然ボトルネックか?—第11次五カ年計画における抜本的改革
の行方」, 『東亞』霞山会, 第489巻, 2008年3月号, 24-38ページ。
李志東[1999]『中国の環境保護システム』東洋経済新報社。

〈英語文献〉

Blackman, A. and W. Harrington [1999] “The Use of Economic Incentives in
Developing Countries: Lessons from International Experience with Industrial
Air Pollution,” *Resources for the Future Discussion Paper 99-39*.

〈中国語文献〉

国家環境保護総局[2003]『排污收費制度』北京：中国環境科学出版社。
国家環境保護総局科技標準司・中国環境保護産業協会[2007]『中国環境保護産業市場供
求指南 2006』北京：中国環境科学出版社。
中華人民共和國環境保護部[2008]『中国環境統計年報 2007』北京：中国環境科学出版社。