

第6章

大気汚染問題と排煙脱硫装置の導入の進展

堀井 伸浩

要約：

中国の大気汚染問題の深刻さは既に我が国においても広く知られるところとなっているが、近年急速に対応が進みつつあることはあまり知られていない。従来は高級な環境対策として中国ではなかなか普及しないと思われていた排煙脱硫装置の導入が急速に進んでいるためである。その鍵となったのは、国内生産メーカーの急激な参入による競争を通じたコストダウンである。この排煙脱硫装置普及の事例は、中国の環境問題に対して、技術的対応の可能性を肯定するとともに、そのためには環境産業に企業を引き付ける制度設計が重要であることを示している。

キーワード：

中国 大気汚染 技術改造 環境協力 排煙脱硫

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広く知られるところとなっている。北京は、実際には十年以上前と比較すると大気環境は格段の改善を見せているが、オリンピックではマラソン競技の実施が危ぶまれるなどの新聞記事が掲載されたりする（もっとも真偽の程は不明である）。

中国の大気汚染問題は車両などの移動発生源による部分も大きいが、やは

り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。したが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見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ま見られる。少し事情の分かっている論者は、中国が石炭利用から脱却することは不可能であり、したが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。

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、環境対策を重点分野に挙げており、具体的には SO_2 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、これが本章が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挙げられていた SO_2 排出による大気汚染問題は、実は解決の方向が見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。

本章の構成は次の通りである。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んでいる背景にある要因を分析する。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コストダウン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、考察する。最後におわりに、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（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。

1. 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

まず世界の中で、中国の大気汚染問題がどの程度の水準のものであるのか、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。

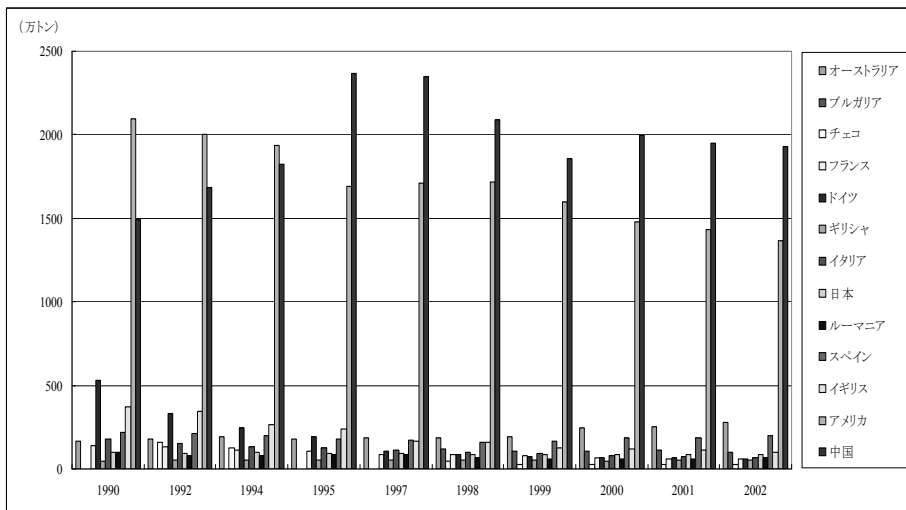
図1は世界各国のSO₂排出量の推移を示したものであるが、一見して明らかな通り、中国とアメリカは他の国々と比較にならない圧倒的に高い排出量水準となっている¹。そして1994年まではアメリカが世界第1位の排出国であったが、1995年からは中国が大幅に排出量を増加させ、世界第1位となっている。更にアメリカはその後明白な下降趨勢を示しているのに対し²、中国は1998年から1999年にかけて大きく水準を切り下げたものの、その後横ばい、若干の上昇傾向を見せている。そのため、中国とアメリカの差は2002年時点においてさえ、かなり大きく広がっている。

国際比較できるデータは2002年までであるが、図2の通り、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分かる。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のであった（なお、日本は2002年時点で85万トンに過ぎない）。

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で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の通り、他の国々と比較してあまりに量的に巨大で、拡散すると言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、希釈に限界があるため、排出量の削減自体が非常に重要と考えられるべきである。

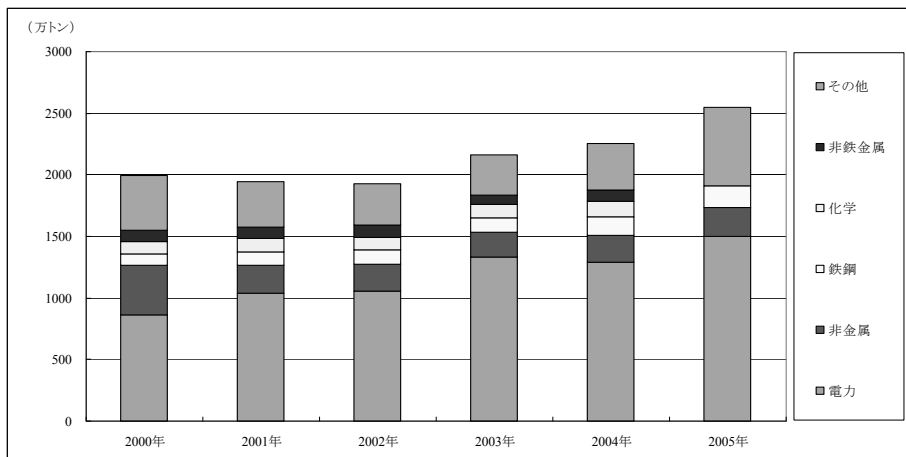
² アメリカで90年代以降、SO₂排出量が減少しているのは、大気浄化法（Clean Air Act : CAA）が1990年に規制強化され、排出基準が厳格化されたこと、そしてSO₂については排出権取引制度が導入されたことでより効率的な削減の取組が進んだことが指摘できる。

図1 世界各国のSO₂排出量の推移



(出所)『中国環境統計年報 2004』より作成。

図2 中国の部門別SO₂排出量の推移



(出所)『中国環境統計年報 2005』より作成

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、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（硫黄分）のデータに基づいて計算で算出されているものであるからである。したがって第 1 章でも言及した通り、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と言える（石炭消費量は 2006 年に国家統計局によって修正されたが、SO₂ 排出量統計については修正がなされていない）。

いずれにせよ、特に 2003 年以降は、SO₂ 排出量の増加スピードが更に加速している状況であることは間違いない。その背景には、石炭消費量が急増している状況があり、それは折から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、政策的対応は全く取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 80 年代から取り組みが始まっている。大気汚染対策の基本となるのは、大気汚染防治法によって規定されている。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。

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分ければ、直接規制の代表は 1998 年に提唱され、2002 年頃より本格的に実施されるようになった「両控区」政策である。これは酸性雨被害と SO₂ 排出

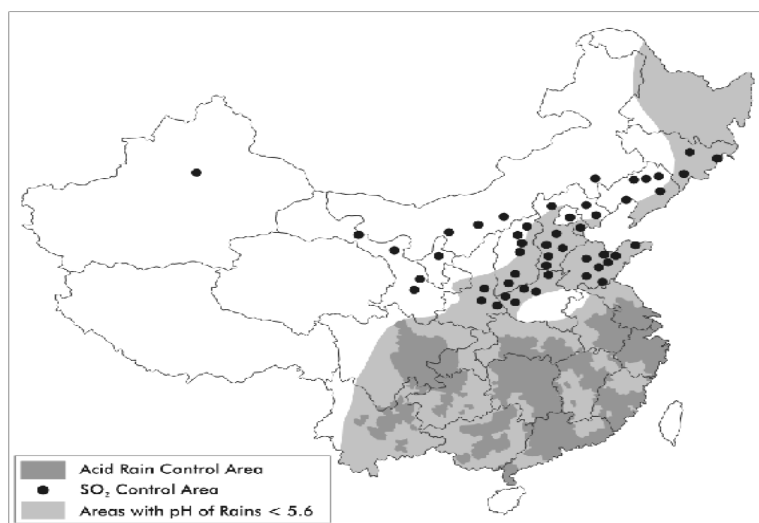
の深刻な地域として全国で 27 省 175 都市（県級市、地区）の大気汚染が深刻な地域が指定されており（図 3）、地域を限定することで、集中的に政策資源を投じ、実効性のある汚染管理を行おうとしたものであった。当時、中国全体の環境改善目標としては、2005 年に SO₂ 排出量を 2000 年レベルと比較して 10%削減するという第 10 次五カ年計画の目標があったが、「両控区」内においては同 20%削減することを目標としていた。この「両控区」は全国の国土面積の 11.4%、人口で 39%を占めるに過ぎないが、GDP では 67%、SO₂ 排出量は全体の 60%近くを占めるということで費用対効果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用を禁止、クリーンエネルギー（天然ガス、LPG 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づける。
- 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）の装備を義務づける。

以上の政策のほとんどが直接規制であり、しかも小型の排出源については一律に石炭を禁止し、中規模以上のものについては使用する石炭の品質を規定するというもので、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。このような政策当局が対策手段を指定してしまうやり方を直接規制の中でも技術基準と呼び、同じ直接規制でも排出基準で規制を行い、基準達成の手段は企業自らの選択に委ねられている場合と異なり、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までも指定してしまうことで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]）。

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.

②経済的手段

他方、経済的手段としては、排污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 SO_2 の排出量に応じて賦課金を徴収するというものである。

この排污費については、①徴収金額が汚染コストと比較して余りに低く、企業は汚染対策よりも排污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、その他の汚染物質については支払う必要がない、④徴収した排污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 年以前の排污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 月には排污費の運用を抜本的に改革し、①従来の $\text{SO}_2 0.95\text{kg}$ 当たり 0.2 元という水準から 2004 年には 0.4 元、2005 年には 0.6

元に引き上げる、②汚染排出量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種類までは全て排污費を支払う、④徴収した排污費は全て財政部門が徴収し、厳密な管理の下、使途についても申請をきちんと審査した上で決定するという変更を施すこととなった。

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

排污費は定義上、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、排污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、それに基づき計算式で煤塵、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言える。また実際に企業に赴き、排污費を徴収するのは大変で、とりわけ業績の優れない企業などで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、また結局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割で、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となっている。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ているため、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、固定的な収入源と見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からといって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。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賦課金が増減し、企業に汚染対策インセンティブを与えるという本来の賦課金制度としての役割は、排污費の実際の実施状況から言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過ぎなくなってしまっており、環境税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通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主な機能であったと言えよう。

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。更に既に述べたように、排污費は環境基準値の超

過分のみの徴収であったこと、1種類の汚染物質のみの支払いで他については免れたこと、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存在したことである。したがって排出者に汚染削減を促してきたのは排污費ではなく、ほとんど直接規制によるものであったと考えられる。

2003年より実施された改革後の排污費は、確かに少なからず良い方向への変化が生じると考えられる。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、徴収した金額の使途を支払った企業への還付に止めず、自由に環境保護投資に用いることが出来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。しかしこれも全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通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、改革後の排污費についても十分に機能するかは予断を許さない。

(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」）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年～2005年）における実績を見てみよう。

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り、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「両控区」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目標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見られなかった原因はどのようなところにあるのだろうか。目標は高めに設定されていたのは事実であるが、結局削減どころか純増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ニグレクト、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。

その中でも、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。と言うのも、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 万トンと若干目標を超過した排出量であるが、ほぼ目標を達成したためである。これはこの当時、SO₂ 削減の技術設備の代表例である排煙脱硫装置の導入コストは依然非常に高く、他方、粒子状物質削減に必要な技術設備である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コストダウンがいかに重要かを示唆する結果であると思われる。

2. 排煙脱硫装置導入の状況と背景要因

(1) 排煙脱硫装置導入の状況

さて、前節で見たように、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見れば惨憺たる結果であったと言わざるを得ない。2000 年以降、環境政策は非常に強化され、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採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、対 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悲観的な見方が多い。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。と言うのも、第 11 次五カ年計画の折り返し点にきた現段階において、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 の通り、2001 年の時点ではわずか 53 万 kW に過ぎなかったが（発電設備全体に占める比率は 2.1%）、2005 年には 4910 万 kW にまで増加している。それ以上に建設中の設備容量を見ると、2005 年には 2 億 829 万 kW 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分かる。したがって第 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%に止まっていたが、対策自体は既に進み始めていたと言える。

表 1 排煙脱硫装置の導入・建設状況

	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)『中国環境保護産業市場供求指南 2006』

しかしながらこうした中国で排煙脱硫装置の普及が急速に進んでいるという事実を知ってか知らずか、我が国では中国の環境対策について依然として、否定的な見方が多い。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見られる。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見られるのではないかと再考を迫るものである。第 11 次五カ年計画の最終年である 2010 年には、排煙脱硫装置は合計 3 億 5500 万 kW に及び、6 割の石炭火力発電設備に導入される見通しである。2010 年に計画通りの排煙脱硫装置が導入されれば、既設分に導入される 1 億 6700 万 kW 分で 590 万トンの SO₂ 削減量となり（そして新規分からの SO₂ 排出量も大幅に抑制することができる）、第 11 次五カ年計画の 2005 年比で 10%削減という目標については十分に達成できる見込みである。

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。と言うのも、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。したが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

ようになったのかである。

(2) 排煙脱硫装置導入の背景要因

中国で2003年頃より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、設備導入に関わるコストダウンこそが鍵であった。2000年時点ではkW当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%もの大幅なコストダウンである。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、現在の中国の発展段階は、「そろそろ環境対策にも目配りをし始めた段階。但し、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。それは既に述べた通り、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と考えている。粒子状物質の削減が当時進んだのは、煤塵対策の設備導入コストは排煙脱硫装置に比べれば断然低く、ユーザーの負担能力とバランスが取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コストダウン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社に過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。コストダウンは、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カスタマイズなどによって達成されたものであるが³、それは多数の新規参入企業の間で展開された激しい競争の下で達成されたものであった。そしてコストダウンこそが、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

³ 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。

対策コストがかさみ、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、その他の手段、特に炭鉱の山元で徴収する硫黄税が最も SO_2 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、当時全く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、既に述べた通り、国内の排煙脱硫装置メーカーは数社に過ぎず、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。要するにこの当時のコストはほぼ日本や欧米企業のコストデータそのものであったということである。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	12802.5	湿式石灰石－ 石膏法	856.4873	263.6407
200MW 以上の 発電ユニット	3,091	8307.33	乾式 LSD 法	395.4289	525.5627
合計	3,546	21277.83		1251.9162	789.2034

（出所）堀井 [2005: 31]

しかし実際には、その後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コストダウン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。

3. 排煙脱硫装置のコストダウンに政策が果たした機能

(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、排煙脱硫技術というのは 2000 年時点では既に標準化、成熟化した技術であると捉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国の企業であったが、いずれも導入を開始したのは 70 年代にさかのぼり、その後大幅なコストダウンもなく、それまで推移していた。それが中国に渡ったわずか数年で誰も予想しない幅で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極めて重要な示唆を持つものといえる。

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 kW 以上の排煙脱硫装置については、国内メーカー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コンポーネントについては輸入が中心で国産化率は 60%程度に止まっていた。

先の表 1 の通り、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 kW に急伸び、前年比 6.5 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始めていたが、代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

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）も非常に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明確に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。この政策の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基づいて、モデルプロジェクトが実施された。特に基幹部品であるノズルと噴霧器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掲げ、国産メーカーによる部材メーカーの育成を更に促すこととなった⁴。

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コストダウン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、自動的にコストダウン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ことはコスト全体の半分近くを対象とすることでコストダウンの効率性という意味では的を射ていたと言えよう。

⁴ 但し、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）。

(2) 粗悪製品の跋扈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。と言うのも、導入された排煙脱硫装置の中には、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見られるようである。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コストダウン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、利潤率は前年の22.1%から18.9%に低下し始めていたとされる。2005年になると、業界第12位の龍浄は12.3%、業界第19位の菲達環保で7.4%にまで低落し、更に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、価格の下落が大きい、他にも鉄鋼など投入財の高騰の影響もある。

こうした状況は完全に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言えるが、粗悪製品が跋扈しているのは、技術規格などが十分に整備されていないことが原因として指摘される。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面は指摘すべきであろう。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促し、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を考えると、 balan

スが難しいと言わざるを得ない。

他方、排煙脱硫装置は普及していく見通しである一方、従来より指摘される「中国では環境設備を設置したけどちゃんと運転しない」という問題は引き続き存在するのも確かである。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 600MW 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千萬元を要する。環境規制を遵守しているかどうか、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は極力止めておきたいとするインセンティブは強い。政府はオンラインモニタリングシステムの導入を進めようとしているが、なかなか進捗が見られず、その結果、運転率が低下している。

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。

おわりに

最後に蛇足かもしれないが、本稿が示唆す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。表を見て感じることは、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。ところが表の通り、技術移転元として目立つのは、ドイツを始めとするヨーロッパ、そしてアメリカである。日本は第 3 位の博奇はともかく、ランキングの中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サブの位置づけで商品化する際には日本の技

術が採用されていないという例が多い。したが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というのが実情である。

表3 排煙脱硫装置メーカーのトップ20社ランキング

	脱硫企業名称	脱硫設備容量/MW			脱流方式	技術移転元
		合計	導入済	建設中		
1	武漢凯迪電力環保有限公司	27,800	7,870	19,930	湿式、半乾式	アメリカ、ドイツ
2	国電科技環保集团有限公司環保工程分公司	18,850	5,680	13,170	湿式、海水脱硫	ドイツ
3	北京博奇電力科技有限公司	18,460	3,060	15,400	湿式	日本
4	山東三融環保工程有限公司	17,740	1,970	14,870	湿式、半乾式	ドイツ
5	中電投運達環保工程有限公司	17,270	1,620	15,650	湿式	オーストリア、日本
6	江蘇蘇源環保股份有限公司	14,950	3,610	11,340	湿式	中国
7	浙大岡新機電工程有限公司	14,720	1,980	12,740	湿式	イタリア、フランス
8	浙江天地環保工程有限公司	12,655	1,585	11,070	湿式	アメリカ、ドイツ
9	中国華電(集团)有限公司	10,077	1,257	8,820	湿式、海水脱硫	アメリカ、日本
10	国華荏原環境工程有限公司	9,545	600	8,945	湿式	ドイツ、日本
11	清華同方環境有限責任公司	9,320	630	8,290	湿式、半乾式	オーストリア、中国
12	上海龍淨環保科技有限公司	7,290	1,200	6,090	湿式	ドイツ
13	北京国電清新環保有限公司	5,040	400	4,640	湿式	韓国、中国
14	大唐環境科技工程有限公司	4,240	810	3,430	湿式	オーストリア
15	上海電氣集团石川島	3,350	350	3,000	湿式	日本
16	南京(東大)龍原公司	9,961	1,100	8,861	湿式、半乾式	ドイツ
17	山東山大能源環境有限公司	2,800	145	2,655	湿式、半乾式	ドイツ
18	東方鍋炉(集团)股份有限公司環保工程公司	2,800	0	2,800	湿式、海水脱硫、半乾式	ドイツ
19	浙江菲達環保科技有限公司	3,480	875	2,615	湿式、半乾式(NID)	ドイツ
20	浙江藍天求是環保有限公司	2,400	600	1,800	湿式	ドイツ

(出所) 表1と同じ

日本は90年代初期より、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関わる技術協力に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取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があるように思われる。日本企業は自分達の既存の製品をそのまま持ち込もうとしたのに対し、欧米企業はパテントで技術を販売し、生産は中国企業に全面的に任せる方式を取った。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。したが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を行うべきだと考える。

また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言わざるを得ない。省エネルギーだけでは自ずと限界があり、炭素地中固定化（CCS）技術などの排煙脱硫装置に相当する抜本的な対策なしには解決と見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目途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見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過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らない。だとしたら、「世界の工場＋開発拠点」として台頭著しい中国が環境技術につ

いても重要な役割を果たすことになるかと考えることもあながち夢想とばかりは言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。

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、研究双書 No. 541、pp. 23-67。
- 堀井伸浩 [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」『東亜』（霞山会）、No. 489、2008年3月号、pp. 24-38。
- 李志東 [1999]『中国の環境保護システム』東洋経済新報社。

<中国語文献>

- 国家環境保護総局 [2003]『排污收費制度』中国環境科学出版社。
- 国家環境保護総局 [2005]『中国環境統計年報 2004』国家環境保護総局。
- 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』中国環境科学出版社。

<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.