

(2)「東アジア諸国のエネルギー消費と大気汚染対策」

—概況と事例研究—
(調査資料・データ No.51)

第4調査研究グループ 江幡禎則

1. はじめに

アジア地域には、世界人口の6割が住み、その経済活動は世界のGDP合計の24%程度を占めている。とりわけ、我が国とその近隣諸国・地域の中国、インドネシア、韓国、台湾、タイ、フィリピン、マレーシアの8ヶ国地域(以下東アジア諸国という)についてみると、人口ではアジア地域の半分、経済活動では、約9割がこの地域に集中している。

東アジア諸国は、世界の陸地面積の約1割にすぎないが、人口で3割、経済活動では2割強が集中していることになる。これらの人口増と経済活動の活発化に伴い、エネルギー消費は急増し、硫黄酸化物、窒素酸化物、二酸化炭素などの排出の増加が顕著で、局地汚染に加えて地球環境に大きな影響を与え始めている。

我が国は世界で最高レベルの公害防止技術と省エネ技術(高効率技術)を持っていることから、東アジア諸国の汚染防止に貢献すべき役割は大きい。この様な状況の中で、我が国はこれまでも技術移転や援助等を通じて、東アジア諸国の大気汚染防止対策等に協力して来たところであるが、これまでの事例を見ると、経済性の問題、技術上の問題から援助が相手国で十分に活用されなかった場合が見られる。

発展途上国では経済の振興が、環境対策よりも優先される場合が多いことは否めないところであるが、いくつかの国では、我が国で公害対策が本格化された1960年代の経済力に達していることから、本腰を入れて煤塵や硫黄酸化物などの環境対策に取り組み始めている。一方、経済力がまだ十分でない国では、これらの環境技術も先進国の高度、高価なものでなく、それぞれの国状に適したものが求められる。発展途上国は一般に発電や各種生産の効率が低く、省エネ技術(効率向上技術)は、経済効果に加えて環境対策効果も大きく、その普及・援助は極めて効果的であろう。

発展途上国では身近な公害問題には敏感であるが、地球規模の環境問題には一般に関心が低い。しかし温暖化については今後の途上国での二酸化炭素などの温室効果ガスの排出増加が鍵となっている。まず当面の煤塵や硫黄酸化物などの対策や効率向上などを着実に進め、目に見える成果を上げて行けば、生活レベルの向上とも合わせて、広い環境対策への関心を深めるようになるであろう。

本調査研究は、これらの観点から以下に示す内容について、当研究所内に設置した「地球環境保全技術の進歩に関する調査研究会」(委員長:安藤淳平中央大学名誉教授)の議論を背景としてとりまとめたものである。

第1章では、躍進する東アジア諸国の人口、経済成長、エネルギー消費の動向や特徴、諸国の大気汚染の現状と脱硫装置の導入状況、並びにエネルギー消費見通しなどについて

第2章では、中国での一次エネルギー消費量の約8割をしめ、大巾な増大が予想されている石炭に係わる大気汚染対策、特に酸性雨の要因の一つである硫黄酸化物対策に着目し、中国における大気汚染の現状やモデル的に導入が始まっている湿式石灰石膏法、スプレッドライヤーなどの半乾式法、及び流動床など事例や問題点について

第3章では、先進国にくらべて発電効率が低い中国、フィリピン、インドネシアの既設火力発電所の運転状況と改善のための改修の事例や問題点について

第4章では、途上国での大気汚染の実体や効果的と思われる環境対策等についてのまとめや効率向上によるエネルギー節約と環境の改善、途上国で環境対策の成果を挙げるための要件、東アジアのCO₂排出特性、火力発電の効率向上・排煙処理・二酸化炭素の相互関係、メタン、一酸化二窒素、地表オゾンなどの温暖化ガスの東アジアでの排出特性と抑制などの考察についてとりまとめを行った。以下、レポートの主な調査結果の概要について紹介する。

2. 内容

1) エネルギー消費と大気汚染対策の動向

アジア地域は、その人口増と経済発展によりエネルギー消費が著しく、1993年現在世界の一次エネルギー消費量の約24%を占めるに至っている。今後もエネルギー消費は高い伸びが予想されており、例えば中国では、その消費量は2000年には1991年の約1.4倍、2010年には約2.1倍と予想されている(表1)。消費量の増大もさることながら、石炭等の固体燃料がエネルギー消費で大きな位置を占め続けることから、それに係わる対策技術の重要性が高い。

東アジア諸国では工業の急速な発展や自動車の著しい増加により、大都市部や工場周辺で煤煙や硫黄酸化物による被害がはじめ、中国などの都市では煤煙や硫黄酸化の観測値がWHOの基準をかなり上回る状況にある(表2)。この為、硫黄酸化物の対策として台湾では排煙脱硫、韓国では燃料の低硫黄化が進み、中国やタイでも一部の発電所で排煙脱硫が始まっている(表3)。それ以外の諸国においても、経済の高成長が続くとみられていることから、いずれ本格的な環境対策が大切になっていくと思われ、それぞれの国状に適した環境対策が必要であろう。

表1 中国のエネルギー源別需要量と燃料構成の見通し

	レベル			燃料構成(%)		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010
一次エネルギー(Mtoe)	665	948	1,422	100.0	100.0	100.0
固体燃料	525	699	995	78.9	73.7	70.0
石油	116	193	313	17.4	20.4	22.0
天然ガス	13	28	55	2.0	3.0	3.9
原子力	1	4	18	0.1	0.4	1.3
水力	11	23	42	1.6	2.4	3.0
地熱/その他	0	0	0	0.0	0.0	0.0

注)Mtoeは石油換算100万tを示す

出典)OECD/IEA編 2010年世界のエネルギー展望 1994

表2 東アジアのおもな都市の大気汚染の状況

国名	都市名	SO2 (硫酸化物)			SPM (浮遊粒子状物質)		
		年平均濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			年平均濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		1979-82	1983-86	1987-90	1979-82	1983-86	1987-90
日本	東京	42	23	20	61	50	—
インドネシア	ジャカルタ (a)	—	—	—	254	271	—
タイ	バンコク (a)	15	15	14	136	163	105
中国	シーアン	138	107	95	399	515	555
中国	シェンヤン	105	100	118	409	475	435
中国	シャンハイ	66	59	69	224	214	253
中国	ペキン	77	119	107	475	500	413

注1)(a)近郊工業地帯での測定

注2)WHOの基準(年平均濃度でSO2が40-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、SPMで60-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

資料)UNEP(国連環境計画)のGEMS(地球環境モニタリングシステム)

出典)平成7年版環境白書

表3 各国脱硫黄設備等の導入状況

	日本	中国	台湾	韓国	タイ	フィリピン	インドネシア
排煙脱硫設備	(電力) 87基(89年) <75百万Nm ³ /h> (一般産業) 1,723基(89年) <102百万Nm ³ /h>	(電力) 運転中2基 珞黄火力(重慶) (360MW 2基) <2百万Nm ³ /h> 建設中1基 黄島火力(山東省) <0.3百万Nm ³ /h> 94年から実証試験 (一般産業) 5基(日本製) <0.7百万Nm ³ /h>	(電力) 建設中2基 <0.6百万Nm ³ /h> 計画中2基 <1.5百万Nm ³ /h> (一般産業) 12基(日本製) <3百万Nm ³ /h>	(電力) これまでは、低硫 黄炭を使用するこ とで対応 95年以降に運転開 始する新規石炭火 力には排煙脱硫設 備が設置される予 定	(電力) 建設予定2基 マエモ火力 <2.4百万Nm ³ /h>	未設置	未設置
集じん設備	ほとんどすべて (99%以上)のばい 煙発生施設に設 置されている	50MW以上の火力 発電所の概ね9割 に設置 943基 (自国技術あり)	輸入に依存	(自国技術あり)	(ボイラとセット で輸入)	石炭火力と セメント産業 で設置 (ボイラとセッ トで輸入)	(ボイラと セットで 輸入)

注) 中国では上記の表以外にも山東省ウェイファン化学工場で1995年運転開始(2・3・1項参照)、山西省太原の石炭火力発電所で1996年実証試験(2・3・2項参照)などがある。

出典) 平成8年6月16日 総合エネルギー調査会 石炭部会報告を元に注書きを追記

2) 中国の大気汚染防止設備と技術

中国の主要燃料は石炭で、年間のSO2排出は約2000万t(表4)あって米国の排出に近づき我が国の十数倍もある。大気汚染の最も著しい場所は西南部の重慶地区で、高硫黄炭を大量に用いるためSO2や煤塵による汚れが大きく、雨も酸性化している。

表4 中国全土における大気汚染物質の排出状況

	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年
排ガス総量 (億m ³)	69,679	77,275	82,380	83,065	85,380	101,415	104,787	109,604	113,630	123,407
二酸化硫黄 (万t)	1,250	1,412	1,523	1,565	1,494	1,622	1,685	1,795	1,825	1,891
煤塵 (万t)	1,384	1,445	1,447	1,398	1,324	1,314	1,414	1,416	1,414	1,478
粉塵 (万t)	1,075	1,004	1,125	840	781	579	576	617	583	639

出典)中国統計年鑑 各年鑑より作成

重慶地区の新設の石炭火力発電所(四川省 ルオファン[luo-huang] 発電所)では、SO₂の90%以上と煤塵を除去するため、我が国の湿式石灰石膏法の本格的設備が建設され、運転が行われている。排煙脱硫、とりわけ石灰石膏法は多くの国で装置や運転のトラブルに見舞われており、中国で順調に建設し運転していることは、中国側担当者と技術を提供し運転の指導に当たった我が国メーカーとの優れた協力と努力の成果として高く評価される。

我が国の石炭火力発電所の大部分の排煙脱硫方式は湿式石灰石膏法で、高い脱硫率が得られるが設備費が高価である上に水の消費量も多い。中国政府は全ての新設の火力発電所には脱硫設備をつける目標をたてており、西南部以外の大部分の地域では石炭の硫黄分が低いので、比較的脱硫率は低く設備費も少ない半乾式石灰法(スプレッドライヤー法など)の採用を考えている。

スプレッドライヤーのわが国の技術による試験設備(山東省 黄島発電所)が運転中で、石炭の質やボイラーの運転条件の変動に対応して良好な運転をするための努力が行われ、中国も自分自身の技術の確立する努力をしている。

石炭の流動床も、比較的安価な脱硫法として我が国の技術や中国独自の技術で試験を行っており、低品位炭を比較的簡単に燃やして60-80%程度の脱硫をするには好都合なので、広く採用される可能性がある。

中国では家庭や中小の工場で塊状の石炭を多く使用するため汚染が大きいので、これに変わるものとしてバイオブリケット(石炭と植物の粉に石灰を加えて造粒したもの)の使用は煤塵とSO₂を減らす方法として有望と思われる。

現在種々の方法が試みられているが、中国では石炭の質や汚染の状況が地域によってさまざまで、対策としてはそれぞれの状況に応じて採用され進展するものと考えられる。なお、多量に発生する石炭の灰と石灰を含む副産品の利用や処理は、大きな課題の一つとなってくるとと思われる。

3) 火力発電所の効率上の問題

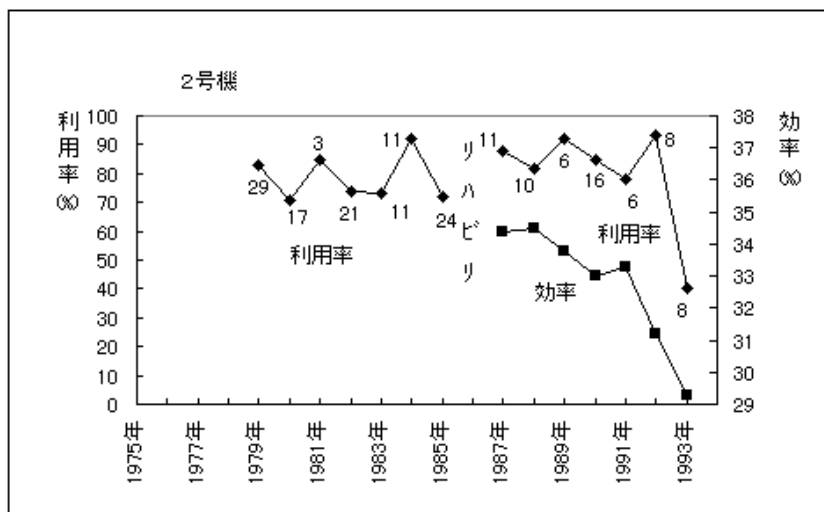
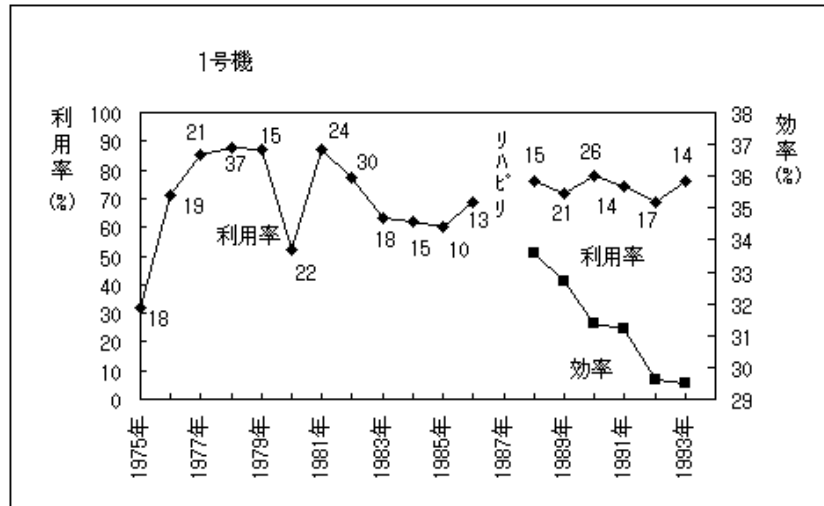
発展途上国は熱効率や生産効率が低いので、効率を上げて燃料や資源の消費を減らすことは環境対策としても効果的である。中国で酸性雨の降る地域及び汚染の大きい主要地域の新設の石炭火力発電所に全部脱硫設備をつけた場合、年間のSO₂の低減量を118万トンとすることについても、費用面から実施は簡単ではないが、これは中国の年間のSO₂排出量の6%に相当するので燃料の利用効率を6%(相対値)以上高めればこの脱硫よりも大きなSO₂低減が得られることになり、経済性の向上も期待される。

アジアの発展途上国では火力発電の効率は30%(総発熱量送電端ベース)程度から次第に向上しているところが多いが、低下を示している国もある。低下は新設の発電設備が乏しく、古い設備の老朽化が進んでいるためである。本報告では火力発電所の効率向上について調査を行い大要つぎのようなことがわかった。

中国遼寧省錦州の200MWの石炭火力発電設備は中国製の標準設備で、1983年に運転を開始し、さまざまな事故を克服して運転を続けている。年間の利用率は目標の68.5%に達せず、熱効率は31.5%(我が国では同程度の設備で利用率86%、熱効率36%程度である)。熱効率低下の大きな原因は、空気予熱機と復水器の内部の汚れによる熱伝導の低下で、これらの十分な掃除で汚れがつきにくくなる。

フィリピンのマニラ南東70kmにあるマラヤ発電所の重油火力の1号機300MW、2号機350MWの場合は故障が多く、年間の起動停止は10-30回に及び、利用率は1号機69%、2号機77%程度であった。前者は1987年に後者は1986年にリハビリテーションが行われ、利用率はそれぞれ80%と85%程度に熱効率は34%程度に改善された。しかしその後の運転で熱効率は再び低下し、1993年にはともに30%を割った(図1)。リハビリテーションを再度行う場合の費用は、1号機約1億ドル(米ドル)で費用回収は約7年後、2号機ではこれより短期間で回収できることになる。しかし従来の運転状況では設備が速やかに劣化してしまうので、保守、管理、運転の改善が必要で、技術だけでなく、良く運営しようという関係者一同の意欲が大切であって、このための措置が必要である。

図1 発電所設備の利用率と発電効率の変化



(図中の数字は年間の起動停止の回数)

出典)フィリピン・マラヤ発電所信頼度向上計画事前調査報告書(1994国際協力事業団)

4) まとめ(発展途上国での効果的な環境対策)

- ・排煙脱硫は、多くの費用や資材を要するだけでなく装置の腐食や運転のトラブルも起こやすく、順調な運転には、技術や経験を要し、途上国での普及には、なお、多くの時間を要する。このため安価な運転容易な技術の開発と運転要員などの人材の育成が必要である。
- ・高濃度のSO₂(1500ppm程度以上)を多量に排出する場合は、湿式脱硫が適当だがSO₂濃度が1000ppm程度以下では乾式、半乾式などの簡易脱硫方式でも効果的である。しかし、既存の方式ではかなりコストがかかり、ガスの量や組成の変動による運転上のトラブルを生じやすく、さらに、石灰石や石灰を多量に使用し再利用が難しいことなどから、さらにより脱硫法の確立が望まれる。
- ・流動床も、大規模、長期間の使用によっては石灰石を多量に使用するので、廃棄物の問題以外にCO₂の多量発生及び低温燃焼によって発生するN₂O(一酸化二窒素)が温室効果の大きいガスで、その影響が問題になるであろう。
- ・汚染物の濃度や周囲の状況にもよるが、工場の煙突が低い場合、当面の策として、煙突を高くすることも有効である。また、中小規模の工場では、特に高濃度のSO_xを排出する場合を除いては、排煙脱硫は適当ではなく、低硫黄燃料、バイオブリケットなどの使用が適当である。
- ・効率が低い途上国の効率向上は経済的効果ばかりでなく、CO₂の排出や他の大気汚染物質の排出抑制に効果的である。
- ・途上国の火力発電所などでは、低下した利用率や熱効率を回復させるため改修する例が見られるが、改修しても運転が不適切で短期間に熱効率を下げってしまう場合があり、設備や技術以外に関係者の意欲が大切であり、意欲を向上させるために担当者の先進国での研修や報奨制度の導入等の工夫も大切と考えられる。