

## 中国の石炭火力発電分野における CO2 削減ポテンシャル

戦略・産業ユニット 電力・ガス事業グループ 研究員 倪 春春

要旨：2007 年末現在、中国の発電設備容量は 7.1 億 kW、発電電力量は 3 兆 2,559 億 kWh に達し、電力分野における CO2 排出量は中国全体の約半分弱を占めている。中国の電力需要は今後も引き続き経済発展に伴い増加する見通しである中、電力セクターとりわけ石炭火力発電分野における CO2 排出量の削減が課題となる。しかし、中国政府は京都議定書に署名したものの具体的な CO2 削減義務を負っていないため、現行の電力産業の環境対策は二酸化硫黄に重点を置いている。本論文は、中国の自主努力に視点を置きながら石炭火力発電分野の CO2 削減ポテンシャルのケースを想定し、試算を行った。その結果、小規模石炭火力発電所の閉鎖が確実に行われた場合、2030 年まで標準炭計 8,203 万トン、二酸化炭素計 2 億 2,813 万トン、国内の BAT に基づく既存石炭火力発電設備の技術改造が行われた場合、年間標準炭 1,803 万トン、二酸化炭素約 5,000 万トン、大規模石炭火力発電プラントの普及が進んだ場合、2030 年までに標準炭計 1 億 143 万トン、二酸化炭素計 2 億 8,116 万トンをそれぞれ削減することができる。さらに、これらの 3 つのケースが合わせて実施される場合、削減量をより一層増大させることになる。

お問合せ：report@tky.ieej.or.jp

## 中国の石炭火力発電分野における CO2 削減ポテンシャル

戦略・産業ユニット 電力・ガス事業グループ 研究員 倪 春春

### はじめに

中国では、1990 年代後半から続いた急速な工業化・都市化により、近年、エネルギー不足や環境問題の悪化がますます顕著になってきた。そのため、中国政府は、2006 年に発表した「第 11 次 5 ヶ年計画」の中で初めて「経済と環境の調和」を目標に掲げ、具体的に 2010 年までの 5 年間で GDP 当たりのエネルギー消費量を 20%引き下げ、環境汚染物の排出量を 10%削減することを目標数値として定めた。

一方で、中国の一次エネルギー供給に占める石炭の割合が高く、発電分野においても石炭火力発電がほとんどで、一次エネルギー消費に占める発電用石炭消費量は全体の約 50%となっている。石炭中心の電源構成に合わせて、これまで、発電所の脱硫装置設置の普及が遅れていたため、火力発電所による SO<sub>2</sub> 排出量が中国全体の約 45%を占めている。このように、中国政府にとって現在、石炭火力発電所の省エネルギーや SO<sub>2</sub> 排出抑制への取り組みが喫緊の課題となっている。

また、気候変動対策について、中国政府は「京都議定書」を承認したものの、CO<sub>2</sub> 削減義務を負っていないため、CO<sub>2</sub> 削減に向けた直接的な政策がないのが現状である。しかし、世界全体の CO<sub>2</sub> 排出状況をみると、中国はすでにアメリカに次ぐ世界第二の CO<sub>2</sub> 排出大国となっており、また、中国の分野別 CO<sub>2</sub> 排出内訳をみると、電力分野は全体の 50%弱を占めている。中国の CO<sub>2</sub> 排出量が今後も大幅に増加するという見込みのなか、現在、ポスト京都議定書枠組みに中国といった途上国の参加議論が活発に行われている。したがって、今後、中国の温室ガス効果排出削減対策を考える上で、中国電力部門とりわけ石炭火力所からの排出削減が重要なポイントとなる。

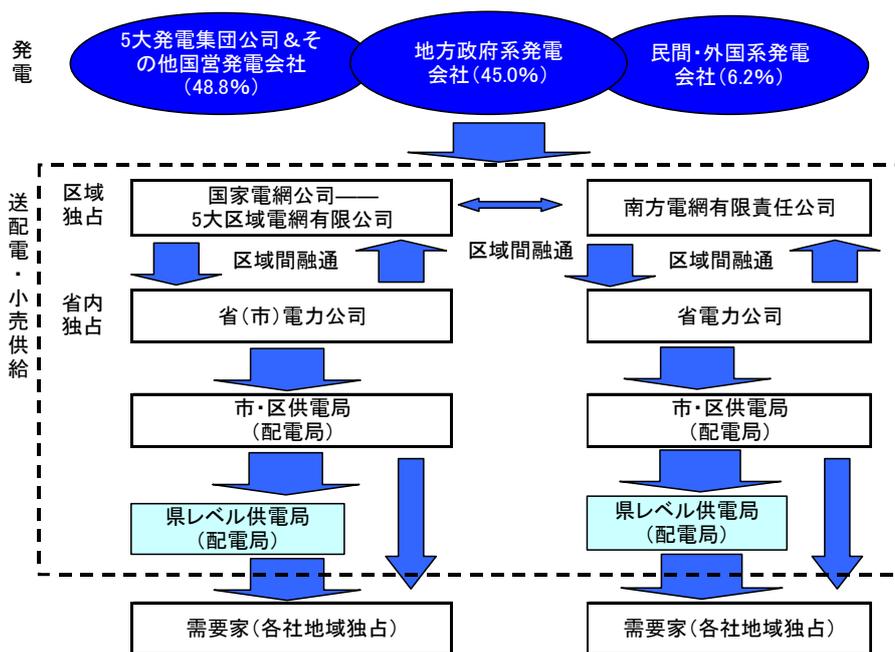
そこで、本論文は、中国の電力セクターの現状および当該分野に係わる現行対策に基づいた石炭火力発電の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルの試算を行い、今後の中国の電力分野の温室効果ガス排出削減に向けた環境対策のあり方についてのインプリケーションの提供を行う。具体的には第 1 章で中国電力部門の全体状況をレビューし、エネルギー効率の現状を整理した上で、第 2 章で石炭火力の環境問題を明らかにする。第 3 章で発電分野の省エネルギーや SO<sub>2</sub> 排出削減に対し現在中国政府が実施している措置および計画をまとめ、第 4 章でこれらの措置および基本方針に基づく石炭火力分野の CO<sub>2</sub> 排出削減ポテンシャルを試算し、第 5 章でそれらを総括することとする。

# 1. 中国の電力部門の現状

## 1-1. 電力の供給体制

中国では、電力産業に競争原理を導入するため、「電力体制改革に関する方案」（国発 [2002] 5 号、2002 年 3 月公布）に基づき、2002 年 12 月に国家電力会社は発電 5 社、送電 2 社、補助企業 4 社に分割された（図 1-1 参照）。

図 1-1 中国の電力供給体制



(注) その他国営発電会社は国家開発投資公司、神華集团有限公司、中国長江三峡工程開発総公司、中国核電集团公司、中国広東核電集团有限公司、華潤電力ホールディング有限公司などその他の中央政府系発電会社を指す。

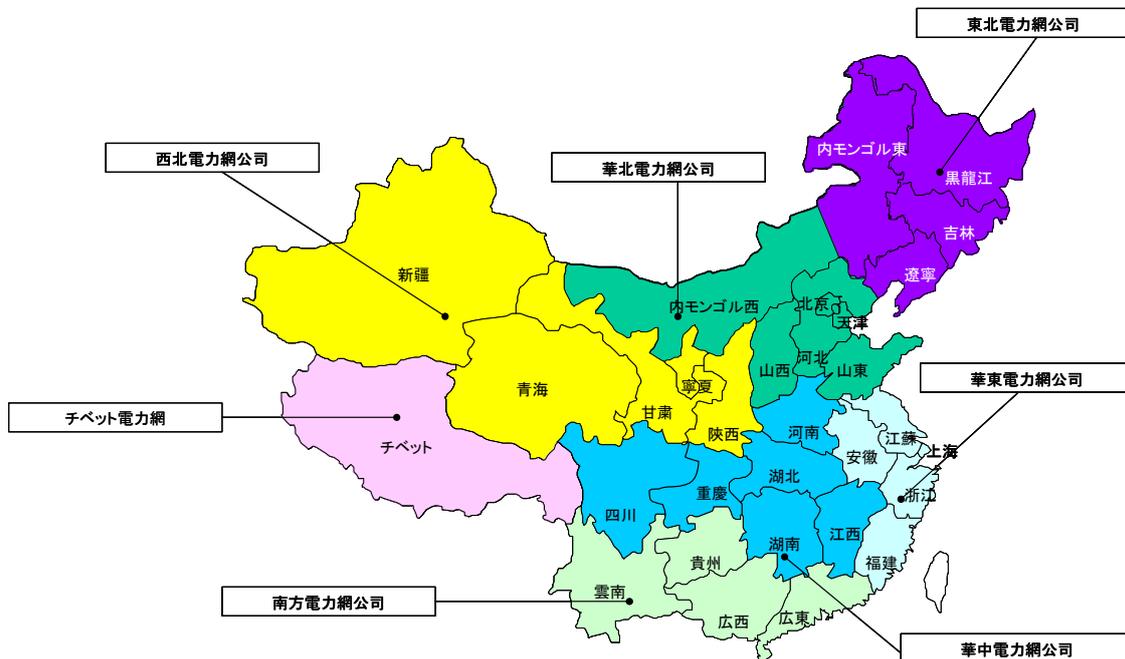
(出所) 「電力監督管理年度報告 2006」、国家電力監督管理委員会。

発電 5 社の内訳は中国華能集团公司、中国大唐集团公司、中国華電集团公司、中国国電集团公司、中国電力投資集团公司であり、2006 年における中国の総発電設備容量に占めるこれら 5 社の割合は 38.8%である。

送電事業は、南方 5 省（広東・広西・貴州・雲南・海南）を管轄とする南方電力網公司と、その他の地域を管轄する国家電力網公司に二分され、国家電力網公司の下には東北・華北・華東・華中・西北の 5 つの電力網公司が設置された（図 1-2 参照）。

国家電力公司の再編にともない、国家電力監督管理委員会が中国初の規制機関として、2003 年に設置され、電力市場運営の監督、電気料金、電気事業の管理監督を行っている。

図 1-2 区域別電力網会社の電力供給範囲

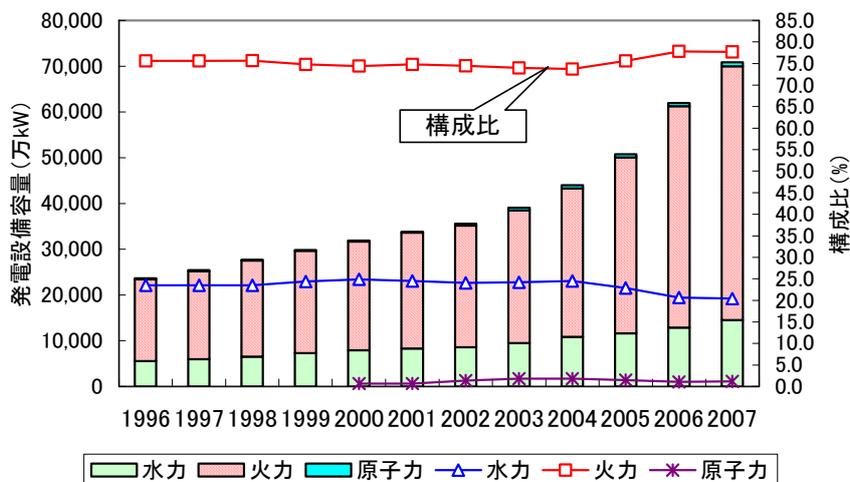


(注) チベット電力網については、国家電力網会社が代行管理を行っている。

1-2. 電力需給

中国の発電設備容量は 1996 年に 2.4 億 kW であったものが、2007 年には 7.1 億 kW となり、至近 11 年間の新設分は 4.7 億 kW (年平均伸び率 10.6%) にも達する (図 1-3 参照)。2007 年の発電設備容量の内訳は、火力が 77.7%、水力が 20.4%、原子力が 1.2%であった。

図 1-3 中国の発電設備容量および容量構成の推移



(出所) 「中国電力年鑑」各年、中国電力出版社；中国電力企業連合会 2007 年速報。

1996 年から 2007 年の 11 年間、火力発電設備（そのほとんどが石炭火力）は一貫して 75%以上の割合を占めている。2001 年から 2004 年にかけて、火力発電設備の割合が一次的低下したものの、2004 年以降、大規模な火力発電所の建設により、2005 以降火力発電設備の割合が増加傾向にある。

区域電網ごとの発電設備容量は表 1-1 に示すとおり、華東、華中、華北、南方、東北および西北の順となっており、華東、華中、華北、南方を中心に多くの発電設備が設置されている。また、区域電網ごとの電源構成をみると、華東、華北、東北では火力発電設備の割合が圧倒的に多く、華中、南方、西北では水力発電設備の割合が 3~4 割に達している。

表 1-1 区域電力網別発電設備容量 (2006 年)

(単位: 万kW)

区域	合計	水力	火力	原子力	風力	その他
華東地域	15,193.0	1,851.9	12881.2	406.6	16.5	36.8
割合(%)	100%	12.2%	84.8%	2.7%	0.1%	0.2%
華中地域	12,911.0	5,244.1	7662.78	-	-	2.4
割合(%)	100%	40.6%	59.4%	-	-	0.0%
華北地域	11,619.8	318.6	11263.9	-	32.4	4.8
割合(%)	100%	2.7%	96.9%	-	0.3%	0.0%
南方地域	10,968.7	3,476.5	7094.4	378	-	38.69
割合(%)	100%	31.7%	64.7%	3.4%	-	0.4%
東北地域	4,788.1	640.2	4060.6	-	85.1	2.15
割合(%)	100%	13.4%	84.8%	-	1.8%	0.0%
西北地域	4,111.6	1,326.0	2738.9	-	37.6	9.1
割合(%)	100%	32.3%	66.6%	-	0.9%	0.2%

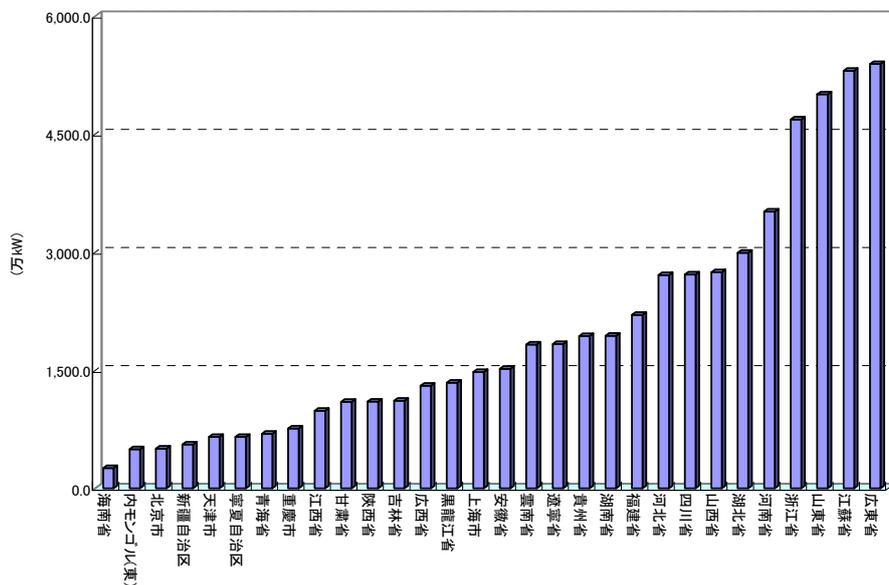
(出所) 『中国電力年鑑 2007 年』, 中国電力出版社。

2006 年の省別発電設備容量は図 1-4 に示すとおり、最も多いのは広東省、次いで江蘇省、山東省、浙江省、河南省の順となっており、経済が発達している沿岸地域、また、水力、石炭資源が豊富な地域を中心に電源開発が行われていることがわかる。

その間、発電電力量は 1996 年に 1 兆 794 億 kWh であったものが 2007 年には 3 兆 2,559 億 kWh までに達し、年平均伸び率は 10.6%であった。2007 年の発電電力量の内訳は、火力が 82.9%、水力が 15%、原子力が 1.9%であった。同様に、1996 年から 2007 年まで、発電電力量に占める火力の割合は 80%以上であった。

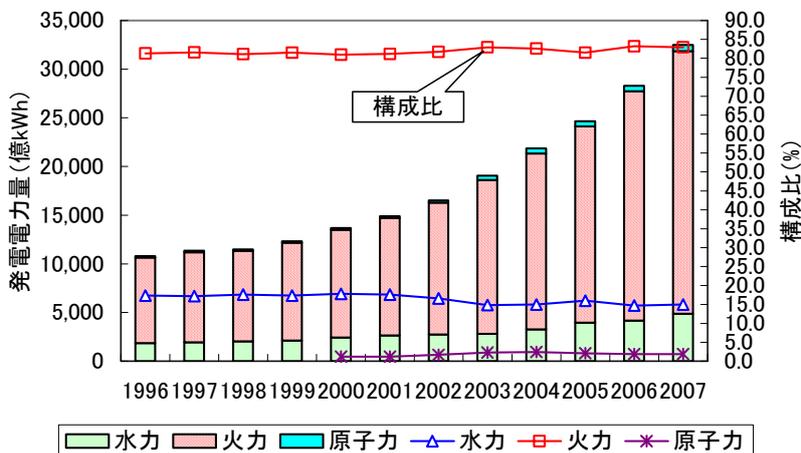
このように、中国の発電設備容量および発電電力量は米国に次いで世界第二位であるが、石炭に偏る電源構成は中国電力供給の最大の特徴とも言える。

図 1-4 省別発電設備容量 (2006 年)



(出所) 同上.

図 1-5 中国の発電電力量および発電量構成の推移



(出所) 「中国電力年鑑」各年, 中国電力出版社; 中国電力企業連合会 2007 年速報.

2006 年の各省の発電電力量、消費電力およびバランスを表 1-2 に示す。大都市である北京市、天津市、長江デルタ、広東省などについては、電力消費が地域内の発電電力量を大きく上回る一方、山西省、湖北省、貴州省、内モンゴル自治区（東部地域）、雲南省などは発電電力量が域内消費を上回る電力輸出地域となっている。

表 1-2 各省および各電力網の需給バランス (2006 年) (単位 : 億 kWh )

電力網/省		各省			電力網毎		
		発電量	消費量	差引	発電量	消費量	差引
華北	北京市	211.3	611.6	▲ 400.3	5,834.1	6,149.8	▲ 315.74
	天津市	362.8	433.7	▲ 70.9			
	河北省	1,461.0	1,734.8	▲ 273.9			
	山西省	1,526.4	1,097.7	428.7			
	山東省	2,272.6	2,272.1	0.5			
東北	内モンゴル(東)	265.6	117.8	147.8	2,378.0	2,355.6	22.42
	遼寧省	1,010.5	1,228.3	▲ 217.8			
	吉林省	455.6	412.5	43.2			
	黒龍江省	646.3	597.1	49.2			
華東	上海市	726.7	990.2	▲ 263.5	6,668.2	6,998.4	▲ 330.17
	江蘇省	2,536.6	2,569.8	▲ 33.2			
	浙江省	1,766.4	1,909.2	▲ 142.9			
	安徽省	734.4	662.4	72.0			
	福建省	904.3	866.8	37.4			
華中	江西省	435.8	446.2	▲ 10.4	5,478.6	5,078.5	400.13
	河南省	1,572.5	1,523.5	49.0			
	湖北省	1,313.0	876.8	436.2			
	湖南省	748.3	768.8	▲ 20.5			
	重慶市	288.6	401.3	▲ 112.7			
	四川省	1,120.4	1,059.4	60.9			
西北	陝西省	530.4	515.1	15.3	1,984.9	1,913.7	71.23
	甘肅省	531.2	536.3	▲ 5.2			
	青海省	279.9	244.4	35.5			
	寧夏省	393.0	377.9	15.1			
南方	新疆自治区	250.5	240.1	10.5	4,832.3	4,936.0	▲ 103.75
	広東省	2,471.9	3,004.0	▲ 532.1			
	広西省	523.4	579.0	▲ 55.7			
	海南省	99.4	99.0	0.4			
	貴州省	868.9	582.0	286.9			
雲南省	757.4	646.0	111.4				

(出所) 『中国電力年鑑 2007 年』, 中国電力出版社.

一方、電力消費量は、1995 年に 1 兆 23 億 kWh であったものが 2007 年には 3 兆 2,458 億 kWh に達し、年平均伸び率は 10.3% であった。2007 年の部門別需要構造をみると、産業用は全体の 76.6%、商業用は全体の 9.8%、家庭用は全体の 11% を占めている。また、2007 年の部門別対前年比伸び率をみると、産業用が最も高く 16.4% となっている。その背景には、2007 年の固定資産投資の拡大によるエネルギー多消費産業（鉄鋼業、セメント産業、アルミ製造業など）の生産拡大によることが挙げられる。このように、現在、中国の電力消費は依然として産業用が中心となっているが、しかし、今後の生活水準の上昇により民生用需要の伸びは徐々に大きくなると見込まれる。

表 1-3 用途別電力消費量の推移

(単位: 億kWh)

	1990年	1995年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
第一次産業	426.8	582.4	673	762.4	776.2	773.2	808.9	876.3	832	860
全体に占める割合(%)	6.9%	5.8%	5.0%	5.2%	4.7%	4.1%	3.7%	3.5%	2.9%	2.6%
第二次産業	4,938.3	7,819.4	9,808.4	10,679.6	12,091.3	14,089.5	16,476.4	18,715.6	21,354	24,847
全体に占める割合(%)	79.3%	78.0%	72.8%	72.5%	73.4%	74.0%	75.0%	75.0%	75.6%	76.6%
うち工業用	4,873.3	7,659.8	9,653.6	10,534.7	11,927.2	13,899.7	16,254.3	18,481.7	21,154	24,566
全体に占める割合(%)	78.2%	76.4%	71.7%	71.6%	72.4%	73.0%	74.0%	74.1%	74.9%	75.7%
第三次産業	384.5	616.0	1,318.1	1,442.3	1,596.5	1,930.9	2,221.6	2,523.5	2,822	3,167
全体に占める割合(%)	6.2%	6.1%	9.8%	9.8%	9.7%	10.1%	10.1%	10.1%	10.0%	9.8%
家庭用	480.8	1,005.6	1,672	1,839.2	2,001.4	2,238	2,464.5	2,824.8	3,240	3,584
全体に占める割合(%)	7.7%	10.0%	12.4%	12.5%	12.2%	11.8%	11.2%	11.3%	11.5%	11.0%
合計	6,230.4	10,023.4	13,471.5	14,723.5	16,465.4	19,031.6	21,971.4	24,940.2	28,248	32,458

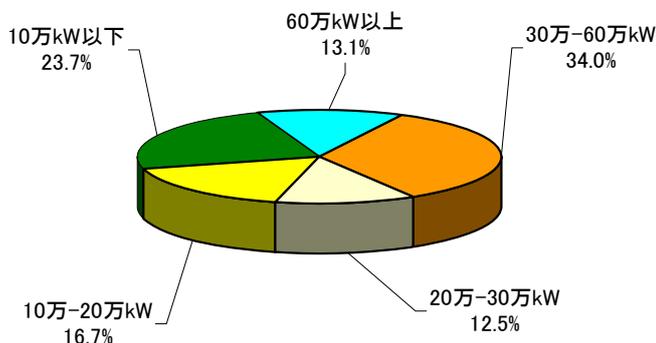
(出所) 『中国エネルギー統計年鑑 2006』, 中国統計出版社;

中国電力企業連合会 2006 年及び 2007 年速報。

### 1-2. 火力発電設備の規模

前述のとおり、中国の発電設備の 7 割が火力発電であり、その 9 割以上が石炭を燃料としている。また、2005 年まで、発電設備製造技術の遅れや建設コスト高、深刻な電力需給不足などの諸要因により 30 万 kW 以下の小型発電プラントの割合が全体の約半分を占めていた。火力発電設備の単機容量規模をみると、2005 年末までに、中国全国 6,000kW 以上の発電ユニットの平均容量は 6.09 万 kW で、設備容量 30 万 kW 以上の大規模発電ユニットの割合は 47%となっている。一方、10 万 kW 以下の小規模発電ユニットの割合は 23.7%となっており、30 万 kW 以下の火力発電ユニットは依然として全体の半分以上の 52.9%を占めている (図 1-6 参照)。

図 1-6 火力発電設備のユニット容量 (2005 年)

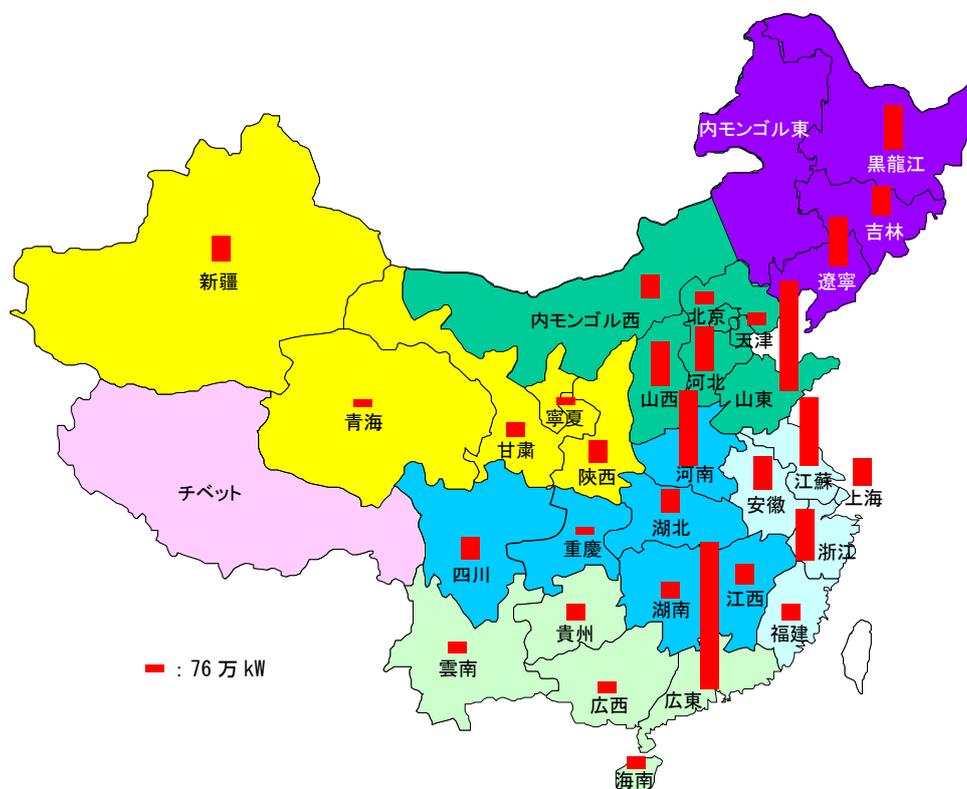


(出所) 『中国電力産業年度発展報告 2006』, 中国電力企業連合会。

また、中国電力企業連合会によれば、2005 年、6,000kW 以上 12.5 万 kW 以下の小規模火力発電プラントは中国全国に計 4,566 基、総発電設備容量 1 億 685 万 kW である (火力

発電設備容量全体の 27.3%)。なお、12.5 万 kW 以下の小規模発電プラントの分布は図 1-7 の通りとなっており、小規模火力発電プラントを有する上位 5 省は広東省、山東省、河南省、江蘇省、浙江省の順となっている。河南省を除きこれらの省が有する大規模火力発電所の設備容量は全国上位に上るが、それにもかかわらず、同地域での小規模火力発電プラントも多いことから、発電設備の規模を問わず、電源建設は経済発展地域および石炭生産地を中心に行われていることは、これまで中国の電源立地の特徴とも言える。

図 1-7 小規模 (6,000kW~12.5 万 kW) 火力発電所の所在地 (2005 年)



(出所) 中国電力企業連合会.

しかし、「第 11 次 5 ヶ年計画」のエネルギーの有効利用という政府方針に基づき、また、国内の製造技術の進歩により、2005 年以降の石炭火力建設においては、60 万 kW を中心とした超臨界プラントの導入が進み、さらに近年海外のプラントメーカーとの技術提携により 100 万 kW 級の超超臨界火力プラントの設計・製造技術の移転が図られている。

2007 年の新設火力発電ユニットの内訳をみると、30 万 kW 以上のユニットは全体の 75.8% (計 150 基)、60 万 kW 以上のユニットは全体の 46.6% (計 68 基、うち、100 万 kW 級の超超臨界ユニット 4 基) となっている。その背景には、「第 10 次 5 ヶ年計画」以降、大中規模火力発電ユニットの kW 当たりの建設コストが 30 万 kW 以下のユニットに比べ安

くなったことが、大中規模火力ユニットの導入促進に繋がったことが指摘できる（表 1-4 参照）。

表 1-4 2006 年及び「10・5 期間」中における火力発電所の建設単価

設備容量	2006年 (元/kW)	「10・5期間」 (元/kW)
30万kW以下	4,089	3,551
30万kW	3,850	3,841
60万kW	3,702	3,624
100万kW	4,008	—

(注) 1 元約 15 円。

(出所) 「電力監督管理年度報告 2007 年」, 国家電力監督管理委員会。

### 1-3. 電気料金制度

中国の電気料金は卸売料金と小売料金に分けられ、両方とも政府認可料金となっている。2003 年 3 月から発・送配電分野は分離されたが、送・配電料金の算定メカニズムが構築されていないため、最終小売電気料金に占める送配電コストが正確に反映されておらず（料金全体に占める割合が低い）、省を跨ぐ送電料金も政府による認定価格に基づいて行われている。

2003 年の発・送配電分離の一貫として、同年 5 月政府は「発・送電分離価格実施弁法」を交付し、これにより、2003 年以降に新設される水力・火力発電所の卸電気料金について、表 1-5 のように省ごとに基準料金制度が適用されるようになった。なお、各省の均一基準卸電気料金は、毎年国家改革委員会が認可し、交付することとなっている。

一方、小売電気料金は省（市）ごとに設定され、需要家ごとに分類されている。基本的に各省（市）の電力会社が算定を行い、国家発展改革委員会が各省（市）の算定結果に基づき、料金を設定することとなっている。電気料金の需要家別は表 1-6 のように分けられており、そのうち、商業用、非家庭用、非普通工業用の電気料金が比較的高く、家庭用および農業用価格が低くなっているのが現状となっている。

また、石炭価格の市場化に伴い、2005 年 5 月に石炭価格に連動する電気料金制度が導入され、2006 年 6 月まで計 2 回にわたり卸電気料金の値上げが実施された。2007 年に入っても引き続き発電用石炭価格が上昇し、上昇幅が燃料調整規定値の 5%を超えているにもかかわらず、高い国内消費者物価指数を背景に卸電気料金の値上げ改定が認められず、そのため、現在、5 大発電集团公司を含む多くの発電事業者が赤字生産に転じている状況にある。

表 1-5 新設石炭火力発電所の基準卸電気料金 (2005 年)

区域	省(市)	新設石炭火力の卸価格(元/kWh)	
		脱硫装置付	脱硫装置無
華北	北京市	0.33	0.345
	天津市	0.33	0.345
	河北省	0.327	0.342
	内モンゴル自治区(西)	0.242	0.257
	山西省	0.244	0.259
	山東省	0.329	0.344
東北	遼寧省	0.332	0.347
	吉林省	0.324	0.339
	黒龍江省	0.322	0.337
	内モンゴル自治区(東)	0.315	0.33
西北	陝西省	0.267	0.282
	甘肅省	—	—
	寧夏自治区	0.233	0.248
	青海省	—	—
	新疆自治区	—	—
華東	上海市	0.396	0.411
	浙江省	0.401	0.416
	江蘇省	0.371	0.386
	安徽省	0.354	0.369
	福建省	0.364	0.379
華中	湖北省	0.351	0.366
	湖南省	0.369	0.384
	江西省	0.357	0.372
	河南省	0.321	0.336
	四川省	0.318	0.333
	重慶市	0.312	0.327
南方	広東省	0.424	0.439
	広西省	0.339	0.354
	雲南省	0.24	0.255
	貴州省	0.252	0.267
	海南省	0.362	0.377

(出所) 「中国電力産業年度発展報告 2006 年」, 中国電力企業連合会.

表 1-6 需要家別小売電気料金 (2005 年)

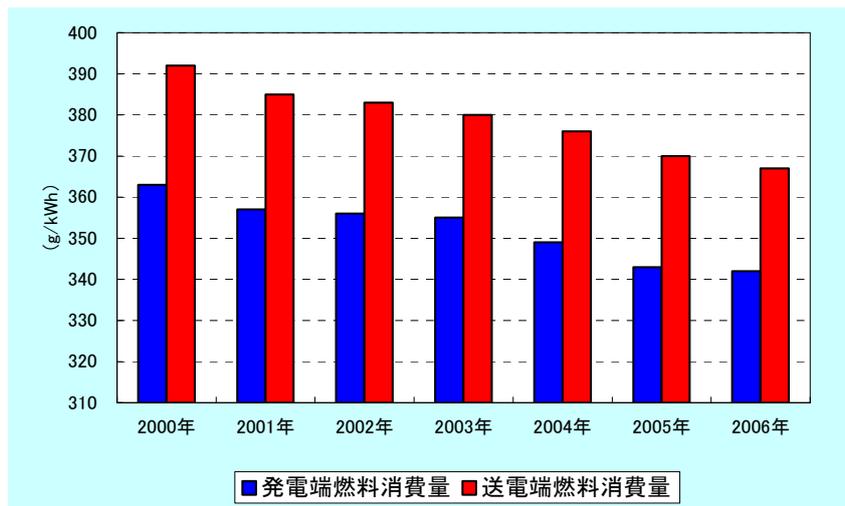
	販売電力量 (億kWh)	販売電力量単価 (元/kWh)
大工業用	8,954.7	0.484
非工業、普通工業用	1,449.1	0.652
家庭用	1,645.0	0.448
非家庭照明用	508.5	0.677
商業用	810.8	0.816
農業生産用	170.8	0.375
貧困県農業灌漑用	76.8	0.165

(出所) 同上.

#### 1-4. エネルギー効率の現状

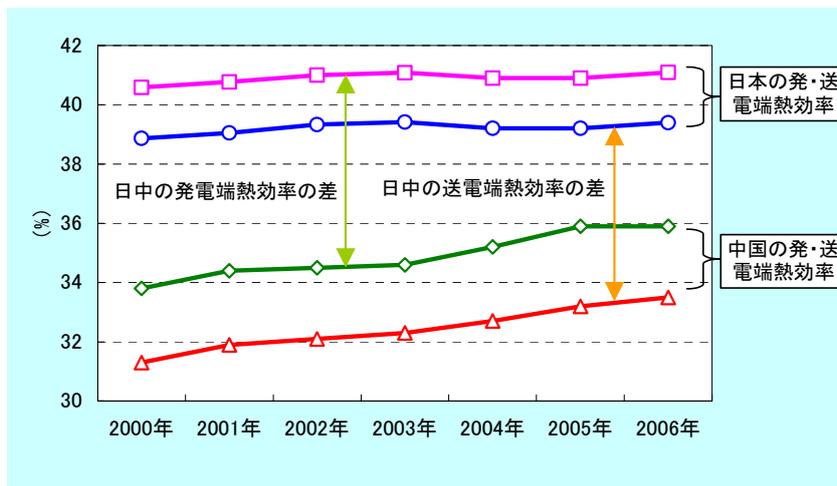
中国のエネルギー効率の現中国の石炭火力発電所の発電端石炭消費量は、2000年の363g/kWhから2006年342g/kWh、送電端石炭消費量は392g/kWhから367g/kWhと、この6年間でそれぞれ21gと25g/kWh向上している（図1-8参照）。

図1-8 石炭火力発電所の発電端および送電端石炭消費量（2000-2006年）



（出所）「中国電力年鑑 2001-2006 年」，中国電力出版社。

図1-9 石炭火力発電所の熱効率（2000-2006年）



（注）中国の熱効率は石炭火力発電所、日本の場合は火力発電所を表している。

（出所）「中国電力年鑑 2001-2006 年」，中国電力出版社；「電気事業便覧平成 19 年度版」，電気事業連合会。

また、2000 年から 2006 年までの発電設備における熱効率をみると、2006 年の発電端熱効率が 2000 年に比べ 2.1%増の 35.9%、送電端熱効率が同比 2.2%増の 33.5%、日本の発電端熱効率 41.1%および送電端熱効率 39.4%とそれぞれ比べると、エネルギー利用効率が悪いことがわかる（図 1-9 参照）。これは、前述の通り、熱効率 20 数%の 10 万 kW 以下の小規模発電設備がまだ多く残っているからである。今後は、大規模発電設備の増強と小規模発電設備の閉鎖により、電力原単位が徐々に低下する見込みである。

発電用に使われる所内電力量をみると、2006 年の所内動力比率は 2000 年に比べ 0.4%減の 5.9%となっており、日本の火力発電所の 4.4%に比べ 1.5%高いことから、中国における所内動力損失率の低減効果は大きく、そのため、設備の近代化、メンテナンスを向上していくことが重要と考えられる（表 1-7 参照）。

表 1-7 送電線損失率および所内用動力比率（2000-2006 年）

年	中国		日本	
	送電損失率 (%)	石炭火力発電所 所内用動力比率 (%)	送電損失率 (%)	火力発電所 所内用動力比率 (%)
2000年	7.8%	6.3%	5.2%	4.6%
2001年	7.6%	0.6%	5.1%	4.6%
2002年	7.5%	6.2%	5.4%	4.4%
2003年	7.7%	6.1%	5.3%	4.4%
2004年	7.6%	6.0%	5.2%	4.5%
2005年	7.2%	5.9%	5.1%	4.5%
2006年	7.1%	5.9%	5.0%	4.4%

（出所）「中国電力年鑑 2001-2006 年」、中国電力出版社；「電気事業便覧」各年度版、電力企業連合会。

送電線損失率については、2000 年の 7.8%から 2006 年に 7.1%までに低下し、日本の 5%に比べ 2.1%の差がある。2006 年の発電電力量 2 兆 8,344 億 kWh で計算すると、0.5%の改善で約 142 億 kWh の損失低減となり、その効果は大きいことがわかる。そのため、電源開発に比べ整備が遅れている送電線網の新設・拡張工事を促進していく必要が考えられる（表 1-7 参照）。

## 2. 石炭火力発電所の環境問題

図 1-5 に示す通り、中国の発電電力量に占める火力の割合が一貫して 80%を占めており、そのうち石炭火力による発電量が 90%以上を占めている。また、近年発電用石炭の消費量が年々増加しており、2000 年には 42.3%であったが、2006 年には 7.3%増の 49.6%である（11 億 8,764 万トン）。このため、現在、大気汚染物質（硫黄酸化物、窒素酸化物、煤塵）や CO<sub>2</sub> の排出低減による環境改善への取り組みは、中国の環境対策の中では重要な役割を担うことになる。

石炭火力発電所による大気汚染物質のうち、表 2-1 に示す通り、煤塵の排出量は減少傾向にあり、工業分野での煤塵除去装置などの促進による効果が考えられる。除去率も年々増加しており、2006 年は 2000 年の 90% に比べ 6% 増の 96% となっている。

表 2-1 煤塵の排出量 (2000-2006 年) (単位: 万トン)

年	煤塵の排出 総量	内訳		工業分野の 除去量	排出総量に 対する除去率
		工業	生活		
2000年	1,165.4	953.3	212.1	10,717.4	90%
2001年	1,069.9	852.1	217.9	12,317.0	92%
2002年	1,012.7	804.2	208.5	13,999.0	93%
2003年	1,048.5	846.1	202.5	15,649.4	94%
2004年	1,095.0	886.5	208.5	18,075.0	94%
2005年	1,182.5	948.9	233.6	20,587.1	95%
2006年	1,088.8	864.5	224.3	23,564.6	96%

(出所)「中国環境統計年鑑 2007」, 中国統計出版社.

表 2-2 は、二酸化硫黄の排出推移を示している。排出量は増加傾向にあり、そのうちほとんどが工業分野からの排出となっている。近年、脱硫装置の設置などにより除去率が徐々に向上しているが、煤塵の除去率に比べ二酸化硫黄の除去率がかなり低く、このように SO<sub>2</sub> 排出総量の拡大により現在酸性雨の酸度が進行し、酸性雨は中国各地だけでなく日本や韓国などの近隣諸国にまで広がる傾向である。

火力発電所の二酸化硫黄の排出状況を見ると、火力発電所からの二酸化硫黄の排出量は 2006 年実績で 1,204 万トンとなっており、中国全体の二酸化硫黄排出総量の 46.5% を占めている。また、工業分野に占める割合も 53.9% に及ぶ一方、火力発電所の硫黄分除去率は 45.7% にとどまっている。火力発電所からの排出削減は最優先課題となることは言うまでもない。

表 2-2 二酸化硫黄の排出量 (2000-2006 年) (単位: 万トン)

年	SO <sub>2</sub> の排出総 量	内訳		工業分野の 除去量	排出総量に 対する除去率
		工業	生活		
2000年	1,995.1	1,612.5	382.6	575.1	22%
2001年	1,947.2	1,566.6	381.2	564.7	22%
2002年	1,926.6	1,562.0	364.6	697.7	27%
2003年	2,158.5	1,791.6	366.9	749.2	26%
2004年	2,254.9	1,891.4	363.5	890.2	28%
2005年	2,549.4	2,186.4	381.0	1,090.4	30%
2006年	2,588.8	2,234.8	354.0	1,439.0	36%

(出所) 同上.

近年、中国の石炭火力発電所における脱硫装置の普及率は、2005 年の 13.8%から 2006 年の 30%、2007 年の 49.1%へと急速に拡大しているが、日本の 100%の普及率に比べ、中国は今後脱硫装置を設置しない既存の火力発電所への対策が急がれる。

また、主要都市における二酸化窒素の排出基準をみると、大都市ほど窒素酸化物による汚染、地方都市ほど硫酸化物による汚染が多いことがみられる。その背景には、大都市は著しい経済発展に伴い自動車の増加に伴う大気汚染の悪化が挙げられる。

一方、石炭火力発電所の二酸化窒素対策として、現在、脱硝装置の設置対策が行われておらず、実験的に中国のいくつかの火力発電所で脱硝装置が付けられているのが現状である。

石炭消費量の増加に伴い、中国の CO2 排出量が年々拡大している。表 2-3 は部門別の CO2 排出量の推移を表している。伸び率が最も大きいのは 2004 年の 27.2%であった。また、2005 年の内訳をみると、発電・熱生産セクターの割合が高く、全体の 47.6%、2,406.5 百万トンの CO2 を排出している。過去 10 年間の平均伸び率は発電・熱生産部門が 9.2%と、経済発展に伴って大きな伸びを示している。このように、電力分野における CO2 削減が中国全体の CO2 削減に大きく寄与することは言うまでもないが、現状として、中国は「京都議定書」を承認したものの、CO2 排出削減量までは確約していないため、現在、電力産業における具体的な CO2 削減目標はなく、環境対策は主に二酸化硫黄、自主的な石炭利用率の向上に置かれている。

表 2-3 中国用途別 CO2 排出量の推移 (1995-2005 年)

資源	燃料燃焼によるCO <sub>2</sub> 排出量[百万t-CO <sub>2</sub> ]											平均 増加率	
	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年(構成比)		
発電・熱生産	1,001.2	1,101.6	1,124.3	1,139.3	1,226.7	1,291.1	1,349.2	1,511.4	1,806.7	2,269.2	2,406.5	47.6%	9.2%
発電・熱生産の付随分	6.8	14.8	17.0	6.2	34.2	36.9	40.6	40.4	44.7	58.5	62.1	1.2%	24.7%
その他エネルギー部門	129.7	133.8	157.1	146.7	138.9	138.5	141.7	140.3	163.1	203.5	200.8	4.0%	4.5%
製造・建設	1,401.9	1,431.2	1,176.4	949.2	973.5	921.1	924.2	939.3	1,014.9	1,440.9	1,592.6	31.5%	1.3%
運輸	166.5	169.7	212.2	102.4	205.6	219.1	223.7	236.5	267.3	302.2	332.1	6.6%	7.1%
民生	301.7	310.4	272.2	200.0	210.0	217.8	219.3	221.3	237.8	240.5	243.0	4.8%	-2.1%
その他	▲ 1.0	▲ 19.6	161.4	308.9	217.9	172.3	175.9	181.5	184.9	217.6	222.8	4.4%	-
計	3,006.8	3,141.9	3,120.6	2,852.7	3,006.7	2,996.7	3,074.6	3,270.6	3,719.5	4,732.3	5,059.9	100.0%	5.3%
(前年比増加率)		4.5%	-0.7%	-8.6%	5.4%	-0.3%	2.6%	6.4%	13.7%	27.2%	6.9%		

(出所) CO2 Emissions from Fuel Combustion, IEA.

### 3. 石炭火力発電所の環境と省エネ対策

「第 11 次 5 ヵ年計画」の省エネ・環境対策目標に向けて、現在、火力（石炭火力）発電に関して、以下のような政策が打ち出されている。

① 「小規模火力発電の閉鎖を促進することに関する通知」

「第 11 次 5 ヶ年計画」の省エネ目標を達成するため、2007 年 1 月、中国国家發展改革委員会は、「小規模火力発電の閉鎖を促進することに関する通知」を發表し、その中で 2010 年まで 5,000 万 kW の小型火力発電設備を閉鎖・停止することが示された。閉鎖の対象となる火力発電設備は、下記の通りである。

- 単機容量 5 万 kW 以下の火力発電ユニット
- 運転期間 20 年超の単機容量 10 万 kW 以下の火力発電ユニット
- 耐用年数を超える単機容量 20 万 kW 以下の火力発電ユニット
- 送電端石炭消費量が当該省(区、市)の平均より 10%超あるいは全国平均より 15%超の各種石炭火力ユニット
- 環境排出基準に達していない各種火力ユニット

② 「小規模火力発電設備の卸電気料金を引き下げ、小規模火力発電の閉鎖を促進することに関する通知」

①の閉鎖目標の達成を促すため、2007 年 4 月、国家發展改革委員会は「小規模火力発電設備の卸電気料金を引き下げ、小規模火力発電の閉鎖を促進することに関する通知」を公布し、小規模火力発電設備からの卸電気料金を順次値下げすることを決定した。今回の小規模火力発電設備の卸電気料金の引き下げ水準および方法は、下記に示す。

- これまで各省・地区毎の統一基準卸電気料金を上回って適用されていた電源について、一律基準卸電気料金水準に引き下げ
- 2004 年以降運転を開始した小規模火力は即実施
- 2004 年以前に運転を開始した小規模火力の場合、以下の基準で段階的に実施
  - －基準卸料金との差額が 0.05 元/kWh 以内の場合：2 年以内
  - －0.05～0.1 元/kWh の場合：3 年以内
  - －0.1 元/kWh を超える場合：4 年以内
- 但し、小規模火力発電ユニットは高効率ユニットに発電量枠を譲渡することができることとし、発電量枠を譲渡し閉鎖を担保する小規模火力については卸電気料金の値下げはしない

③ 「既存火力発電所二酸化硫黄改善に関する第 11 次 5 ヶ年計画」

国家發展改革委員会は環境保護総局と共同で、2007 年 3 月、「既存火力発電所二酸化硫黄改善に関する第 11 次 5 ヶ年計画」を發表し、2010 年までの第 11 次 5 ヶ年期間中に電力分野が排出する二酸化硫黄を 2005 年より 6 割削減することを打ち出した。

同計画では、石炭火力発電所からの二酸化硫黄改善に係わる主要な目標を策定するとともに、重点実施措置および事業者ごとの発電所への排煙脱硫措置の設置義務プロジェクトが具体的に示されている(表 3-1 参照)。

また、この計画発表後に続き、発展改革委員会価格司は4月に企業のSO<sub>2</sub>排出量に応じて課される汚染対策費徴収レベルを引上げることを通達した。これまでも汚染対策費の徴収制度は存在したものの、金額が小さく制度遵守のインセンティブが働かなかったことから、より厳格な制度運用と排出処理コストの自己負担原則を徹底させる意図がある。

表 3-1 第 11 次 5 カ年期間事業者別脱硫装置設置指定の発電所容量 (単位 : 万 kW)

	第11次5カ年期間	2007年
国家電網公司	737	184
華能発電集团公司	1,762	309
大唐発電集团公司	1,812	434
国電発電集团公司	934	96
華電発電集团公司	1,356	312
中電投発電集团公司	1,033	303
地方電力公司等	6,026	2,109
合計	(221) 13,600	(78) 3,747

(注) 合計欄の ( ) はプロジェクト数.

(出所) 中国国家発展改革委員会.

これら一連の措置により、既存の火力発電所への脱硫設備の設置規模を2005年の5,300万kWから2010年には2億3,000万kWまでに引上げる方針である。

#### ④ 「エネルギー発展 11 次 5 カ年規画」

国家発展改革委員会は2007年4月、「エネルギー発展 11 次 5 カ年規画」を発表した。これは、「第 11 次 5 カ年規画」を受けて、2006年から2010年のエネルギー分野における具体的な発展方針・目標や重点を置くべき分野等を明らかにしたものである。その中で、電力産業の発展方針および省エネ・環境保全政策は、以下の通り掲げられている。

- 60万kW以上の超(超)臨界ユニット、大型循環ユニットの建設を推進する。高効率クリーン発電技術を導入して既存の火力発電ユニットを改造し、小型ユニットの淘汰を実施する。
- コージェネレーション、熱電冷併給を推進する。
- 2010年までに、送電端側石炭消費量を2005年の1kWhあたり370gから355gに引き下げ、発電所の所内電力消費率を5.9%から4.5%まで引き下げ、都市のセントラルヒーティングの普及率を30%から40%に引上げる。熱供給のため、コージェネレーション4,000万kWを新設する(年間3,500万トンの石炭節約に等しい)。
- 新設の火力発電ユニットは、高効率の集塵機を取り付けなければならない。また、低硫黄分燃料の使用、脱硫設備の設置など総合措置を通じて、発電所の二酸化硫黄の排出を厳格に規制する。低窒素燃焼技術を普及し、排煙脱硝装置の実験運転

の対象を拡大し、火力発電所の窒素酸化物の排出削減を奨励する。2010 年までに、火力発電所の 1kWh あたりの煤塵排出量を 1.2g、二酸化硫黄の排出量を 2.7g にまで引き下げ、発電所の排水は 100%の基準達成を実現する。

- 先端送・配電技術と設備を導入し、老朽設備を淘汰する。2010 年までに、電力網の送電損失率を 7%までに引下げる。

#### ⑤ 「省エネ発電給電指令方法（試行）」

国家発展改革委員会、環境保護総局、電力監督管理委員会等は、2007 年 8 月共同で「省エネ発電給電指令方法（試行）」を策定、公布した。

同「方法」は、再生可能エネルギー発電を優先的に稼働させ電力供給させるとともに、消費・汚染排出レベルに応じて優先順位をつけ、消費・汚染排出レベルが低い順から優先的に給電されることとし、これにより、エネルギー・資源消費と汚染物の排出を減少させることを目的としている。但し、卸電気料金の改定は予定されていない。同「方法」は、まず、四川、貴州、広東、江蘇、河南の 5 省で実験的に実施することとなっている。なお、同「方法」における給電の優先順位は、表 3-2 の通りである。

表 3-2 省エネ発電給電優先順位

優先給電順位	対象電源
1	風力、太陽光、海洋エネルギー、一般水力（小水力含む）
2	出力調整可能な水力、バイオマス、地熱、環境保全基準を満たすゴミ発電
3	原子力発電
4	石炭コージェネ、余熱、余圧、ボタなど資源综合利用発電
5	天然ガス発電、石炭ガス化発電ユニット
6	その他石炭火力発電
7	石油発電

（出所）国家発展改革委員会ホームページ。

## 4. 中国の電力分野におけるCO2削減ポテンシャルの試算

本論文は、中国が発表した各種データおよび IEA の World Energy Outlook 2007 年のデータを用いて、中国の石炭火力発電所からの CO2 削減ポテンシャルを試算する。なお、本試算は、以下の 3 つのケースを想定する。

- ① 小規模石炭火力発電所閉鎖ケース
  - ② 既存石炭火力発電設備の技術改造ケース
  - ③ 大規模石炭火力発電プラント普及ケース
- 各ケースに基づく算定結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 中国の石炭火力発電所の CO2 削減ポテンシャルの推計

削減ポテンシャル	2015年		2030年	
	標準炭 (万トン)	CO2 (万トン)	標準炭 (万トン)	CO2 (万トン)
①小規模石炭火力発電所閉鎖ケース	6,831	18,935	8,203	22,813
②既存石炭火力発電設備の技術改造ケース	1,803	4,998	1,803	4,998
③大規模石炭火力発電プラント普及ケース	5,714	15,840	10,143	28,116
①～③の合計削減ポテンシャル	14,348	39,773	20,149	55,927

## ① 小規模石炭火力発電所閉鎖ケース

本ケースでは、現在、中国政府が推し進める小規模火力発電所の閉鎖政策を基に、現行の 20 万 kW 以下の石炭火力発電設備が今後大中規模の石炭火力発電設備に置き換えられた場合の削減ポテンシャルを試算することとする。

## ポテンシャル試算のための考え方

CO2 削減ポテンシャル = 投入石炭燃料削減量 × 石炭の CO2 排出係数

投入石炭燃料削減量 = 石炭発電電力量 × (リプレース前の電力消費原単位 - リプレース後の電力消費原単位)

## 試算条件：

- 1) 2015 年までに、10 万kW以下の小規模石炭火力発電設備を 9,300 万kW<sup>1</sup>、2030 年まで、10 万kW以上 20 万kW未満の小規模石炭火力発電設備 3,664 万kWを<sup>2</sup>、それぞれ大中規模石炭火力にリプレースされることとする。
- 2) 小規模石炭火力発電設備の年平均運転時間数を 5,876h とする<sup>3</sup>。(2005 年実績)
- 3) 10 万kW以下の小規模火力発電所のkWhあたり石炭消費量を 440g、10 万kW以上 20 万kW未満の小規模石炭火力発電設備のkWhあたり石炭消費量を 380gとし、大中規模石炭火力発電プラントのkWhあたり石炭消費量を 315gとする<sup>4</sup>。

削減ポテンシャル：試算の結果、2015 年までに、標準炭 6,831 万トン、二酸化炭素 1 億 8,935 万トン、2030 年までに、標準炭 8,203 万トン、二酸化炭素 2 億 2,813 万トンをそれぞれ削減することになり、これは、2005 年の発電用石炭消費量の 12%、電力セクターの CO2 排出量全体の 9.5%にそれぞれ相当することになる。

<sup>1</sup> 中国電力企業連合会。

<sup>2</sup> 「中国電力年鑑 2001」, 中国電力出版社。

<sup>3</sup> 「2005 年全国電力工業統計速報」, 中国電力企業連合会。

<sup>4</sup> 中国では、小規模石炭火力発電プラントの送電端電力消費量が 380g~500g で、大中規模石炭火力が 290g~340g となっているため、本文では、それぞれの平均値を用いることとする。

② 既存石炭火力発電設備の技術改造ケース

本ケースでは、既存の 20 万 kW、30 万 kW 級石炭火力発電プラントが技術改造により、発電効率がそれぞれ国内の同容量級のベストプラントに達した場合の削減ポテンシャルを算定することとする。

ポテンシャル試算のための考え方

CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャル = 投入石炭燃料削減量 × 石炭の CO<sub>2</sub> 排出係数

投入石炭燃料削減量 (20 万 kW 級の場合) = 発電電力量 × (2000 年以前既設 20 万 kW 級石炭プラントの電力消費原単位 - 同クラス級のベストユニットの電力消費原単位)

試算条件 :

- 4) 技術改造の対象となるのは、2000 年以前に建設された 20 万 kW (計 3,580 万 kW) および 30 万 kW 級 (計 5,340 万 kW) の石炭火力プラント<sup>5</sup>。
- 5) 国内の 20 万 kW 級のベストユニットの送電端石炭消費量は 345g/kWh<sup>6</sup>、一方、2000 年以前に建設された同クラス級のプラントの電力消費原単位は 380g/kWh とする<sup>7</sup>。
- 6) 国内の 30 万 kW 級のベストユニットの送電端電力消費量は 330g/kWh<sup>8</sup>、一方、2000 年以前に建設された同クラス級のプラントの電力消費原単位は 364g/kWh である<sup>9</sup>。
- 7) 既存設備の年平均稼働時間数を 5,876h とする (2005 年実績)<sup>10</sup>。

削減ポテンシャル : 試算の結果、既存の国内技術を用いて、2000 年以前に建設した 20 万 kW 級の石炭火力設備を改良した場合、年間標準炭 736 万トン、二酸化炭素 2,040 万トンを削減することができ、一方、30 万 kW 級石炭火力発電設備の場合、年間標準炭 1,067 万トン、二酸化炭素 2,958 万トンをそれぞれ削減することができる。両者合わせて年間 1,803 万トン標準炭、二酸化炭素 4,998 万トン削減することになる。また、本ケースは、BAT (ベスト・アベイラブル・テクノロジー) を国際先端技術に置き換えて試算することもできるが、しかし、その際の海外技術導入に係わる費用が国内の BAT 導入よりも高く、現行の中国電力産業の環境対策を考えると、海外技術の導入による既存プラントの改造が進まない

<sup>5</sup> 「中国電力年鑑 2001」, 中国電力出版社.

<sup>6</sup> 「2006 年西北地区における石炭火力発電所の石炭使用状況に係わる調査報告書」, 国家電力監督管理委員会西北監督管理局.

<sup>7</sup> 脚注 2 の数値を用いる.

<sup>8</sup> 「2006 年西北地区における石炭火力発電所の石炭使用状況に係わる調査報告書」, 国家電力監督管理委員会西北監督管理局.

<sup>9</sup> 「“九・五期間”における機械工業の科学技術進歩」, 2001 年第 8 期学会通信, 中国機械工程学会.

<sup>10</sup> 「2005 年全国電力工業統計速報」, 中国電力企業連合会.

ことが考えられる。しがたって、本論文は中国にとって比較的实施しやすい省エネルギー政策に視点を置き、本ケースでは、国内の BAT を用いた場合の削減ポテンシャルを試算することに限る。

### ③ 大規模石炭火力発電プラント普及ケース

本ケースでは、「エネルギー発展 11 次 5 カ年計画」に基づき、国内のプラント製造技術の成長・成熟に伴い、今後新設される石炭火力発電プラントが超臨界・超超臨界を中心とした場合の削減ポテンシャルを試算することとする。

ポテンシャル試算のための考え方

CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャル = 投入石炭燃料削減量 × 石炭の CO<sub>2</sub> 排出係数

投入石炭燃料削減量 (2015 年) = (IEA の 2015 年の発電石炭投入量 - IEA の 2015 年の石炭発電量 / 2015 の想定発電効率)

試算条件 :

- 1) 2015 年まで、新設される石炭火力プラントは 60 万 kW 級の超臨界ユニットを中心とし、2015 年の予想発電効率を 36% とする。
- 2) 2015 年から 2030 年までに新設される石炭火力プラントは 60 万 kW 級の超臨界および 100 万 kW 級の超超臨界ユニットを中心とし、2030 年の予想発電効率を 40% とする。
- 3) 2005 年の発電効率、2015 年および 2030 年の石炭発電電力量、石炭投入量の見通しを IEA の World Energy Outlook 2007 を用いること。

削減ポテンシャル: 試算の結果、2015 年まで、標準炭 5,714 万トン、二酸化炭素 1 億 5,840 万トン、2030 年までに、標準炭 1 億 143 万トン、二酸化炭素 2 億 8,116 万トンをそれぞれ削減することができる。なお、本ケースの試算における想定は、新設のみかつ現在の技術基準で、既存設備の置き換えりや技術進歩による超臨界・超超臨界ユニットの発電効率の向上を考慮しない。

## 5. おわりに

中国の電力需要は今後も引き続き経済発展に伴い増加する見通しであり、そのため、中国の電力部門からの CO<sub>2</sub> 排出量も増加すると見込まれている。一方、中国の温室効果ガス排出量は、現在世界第 2 位であるが、京都議定書に署名したものの排出量の数値目標は設定されておらず、現行の電力産業の環境対策は二酸化硫黄に重点を置きながら、省エネルギーおよび気候変動対策に向けて、実行可能なおよび実現しそうな対策への取り込みを試みている。

本論文は、中国の自主努力により石炭火力発電分野にどのぐらいの CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルがあるのかについて、1) 小規模石炭火力発電所閉鎖ケース、2) 既存設備の技術改良ケース、3) 超臨界・超超臨界普及ケースをそれぞれ想定し、削減ポテンシャルの試算を行った。試算の結果、CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルが最も大きいのはケース 3 で、続いて小規模石炭火力発電所の閉鎖である。なお、上記の 3 つのケースが合わせて実施される場合、削減量をより一層増加させることになる。

石炭火力発電の省エネ・環境問題に対して、中国政府は現在 2 章で述べた措置・対策を講じているが、しかし、これら政策の実施に当ってはまだまだ様々な課題が残されている。例えば、小規模火力発電所の閉鎖については、現在 5 大集団公司が中心となっており、2007 年に閉鎖した小規模火力発電所のうち地方の発電事業者は全体の 38.9%に止まっており、今後、小規模発電所の閉鎖が困難になっていくなか、地方の発電事業者の役割が中国全体の小規模火力発電所の閉鎖に大きく左右することになる。また、既存設備の技術イノベーションに関しても、インセンティブ規制が欠如する中（電気料金制度の問題や補助金制度の欠如など）、たとえベンチマークが国内のベストプラクティスユニットに置いても、大規模な既存設備の改良による CO<sub>2</sub> 削減の実施が実際に困難である。

言うまでもなく、中国政府は中国の電力部門における省エネの潜在力、重要性を認識しているが、現行体制の下では省エネ効果が限定される結果になってしまう。本論文で試算した石炭火力の CO<sub>2</sub> 削減を実現させるためには、今後、実効性のある取り込みの具現化に向けた制度体制を構築することが重要であり、これは、今後の気候変動に関する国際協力枠組みに参加する際の前提条件にもなるであろう。

## 参考文献

1. 中国国家電力監督管理委員会、「電力監督管理年度報告 2006-2007 年」、国家電力監督管理委員会。
2. 中国国家電力監督管理委員会西北監督管理局[2007]、「2006 年西北地区における石炭火力発電所の石炭使用状況に係わる調査報告書」、国家電力監督管理委員会西北監督管理局。
3. 『中国電力年鑑』編集委員会編、『中国電力年鑑, 1998-2007 年』, 中国電力出版社。
4. 中国電力企業連合会[2006]、『中国電力工業統計年度報告 2005』, 中国電力事業連合会。
5. 中国電力企業連合会[2006]、『中国電力産業年度発展報告 2006』, 中国電力企業連合会。
6. 中国電力企業連合会[2006]、「2005-2007 年全国電力工業統計速報」, 中国電力企業連合会。
7. 国家統計局工業交通統計司、国家發展改革委員会能源局編[2007]、『中国能源統計年鑑 2006』, 中国統計出版社。

8. 国家統計局、国家環境保護総局[2007], 『中国環境統計年鑑 2007』, 中国統計出版社.
9. 中国機械工程学会[2001], 「“九・五期間”における機械工業の科学技術進歩」, 2001 年第 8 期学会通信.
10. (社) 海外電力調査会編[2006], 『中国の電力産業—大国の変貌する電力事情』, オーム社.
11. (社) 海外電力調査会[2008], 「中国の電力・エネルギーの最新動向」, 『海外電力』, 2008 年 3 月号.
12. 原田道昭[2008], 「中国既設発電所リノベーション事業の実施」, 『JCOAL Journal』, Vol.10, 2008 年 4 月第 10 号.
13. International Energy Agency[2007], *World Energy Outlook 2007-China and India Insights*, Paris : Stedi Media.

お問い合わせ : [report@tky.ieej.or.jp](mailto:report@tky.ieej.or.jp)