

中華人民共和国

## 陝西省韓城第2火力発電所建設事業(1)(2)

外部評価者：グローバルリンクマネジメント株式会社

中村 泰徳

### 0. 要旨

本事業は、陝西省韓城市において総設備容量 1,200MW (600MWx2) の石炭火力発電所を建設することにより、陝西省の電力需要の増大に対応することを図り、地域経済発展に寄与することを目的としていた。妥当性については、中国、陝西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、整合性は高い。有効性・インパクトについては、本事業が目標としていた陝西省の電力需要への対応、またそれによる同省の経済発展は、本事業の実施により概ね計画通りの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。持続性については、本事業の運営維持管理にかかる体制・技術面では問題が見られなかったが、財務状況に軽度な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

### 1. 案件の概要



案件位置図



韓城第2火力発電所

#### 1.1 事業の背景

中国の GDP 成長率は 1980 年代中ごろからの 10 年間で年平均 10% 弱、1990 年代に入ってから 12% 弱と経済成長に一層の拍車がかかっていた。高い経済成長を支える原動力として、中国では 1985 年から 1994 年の 10 年間に 100,000MW を上回る電源開発が実施され、94 年末時点で発電設備容量は、197,000MW に達した。また、発電量は、同 10 年間で 2.3 倍と拡大し、1994 年に 9,281 億 kWh に達した。しかし、電力供給が急増する電力需要に追いつかず、過去 30 年にわたって電力不足が続き、1994 年時点でも 20% 以上の需給ギャップがあった。電力需要の伸び率は、1995 年から 2000 年も年率 8% と見通しがなされ、中国政府は 2000 年までに発電設備容量を 300,000MW とする計画であった。そのための電源開発の

資金として国内外からの資金導入が求められていた。

そのような中、陝西省は、石炭埋蔵量が豊富であり、特に本事業のプロジェクトサイトである韓城市一帯は、「黒腰帯」と呼ばれ陝西省の主要石炭産出地の一つであった。しかし、同省は、豊富なエネルギー資源があるにも関わらず、十分な電源開発を行っていなかった。その為、自省の電力需要さえ満たせていない状況であった。

## 1.2 事業概要

陝西省韓城市において総設備容量 1,200MW (600MWx2) の石炭火力発電所を建設することにより、陝西省の電力需要の増大に対応することを図り、もって地域経済発展に寄与する。

	(1) CXIX-P95	(2) CXX-P95
円借款承諾額／実行額	35,000 百万円／ 28,464 百万円	22,970 百万円／ 5,702 百万円
交換公文締結／借款契約調印	1997 年 9 月／ 1997 年 9 月	1998 年 12 月／ 1998 年 12 月
借款契約条件	金利 2.3%、返済 30 年 (うち据置 10 年)、 一般アンタイド	金利 1.8%、返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド <排煙脱硫装置のみ> 金利 0.75%、返済 40 年 (うち据置 10 年) 一般アンタイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／大唐韓城第 2 発電有限公司	
貸付完了	2006 年 4 月	2009 年 6 月
本体契約	東芝/Harbin Power Engineering (中国)/三井物産、Harbin Boiler Co. Ltd./Harbin Power Engineering (中国)、三菱重工業/三菱商事、Emerson Process Management Asia Pacific Private Limited (シンガポール)	
コンサルタント契約	東電設計	
関連調査 (フィージビリティ・スタディ: F/S) 等 (if any)	電力工業部西北電力設計院による F/S (1996 年)	
関連事業 (if any)	無し	

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

中村泰徳 (グローバルリンクマネージメント株式会社)

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2011 年 7 月～2012 年 9 月

現地調査：2011 年 10 月 16 日～10 月 29 日、2012 年 2 月 25 日～3 月 6 日

### 2.3 評価の制約 (if any)

なし。

### 3. 評価結果（レーティング：B<sup>1</sup>）

#### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>2</sup>）

##### 3.1.1 開発政策との整合性

中国第9次5カ年計画（1996-2000）では、電力需要の増加が見込まれていたことから、効率性の高い大型火力発電所の新設を中心に、電力セクター開発が重視されていた。中国電力工業部は、電力セクターの第9次5カ年計画（1996-2000）で、1)石炭の生産地である北・中部内陸地域の山元発電所の建設と山元発電所で生産された電力を電力の大量消費地である東・南部沿岸地域へ送電する大量送電線の建設、2)発電事業における石炭火力の適度な発展、3)発電効率を高めるため300MW以上の高効率ユニット化の促進等を重点政策として打ち出していた。また、陝西省は、同省電力部門の中期計画の重点項目として、2001年までに省内の需要を満たし、第10次5カ年計画（2001-2005）に山元発電地として電力の輸出省となることを打ち出していた。

中国第12次5カ年計画（2011-2015）では、「多様なクリーン・エネルギー源の開発」を掲げ、その一つとしてクリーンで効率的な大型石炭火力発電所の開発を打ち出している。また、陝西省第12次5カ年計画（2011-2015）において、2015年までに35,000MWの発電設備を増設し、同省発電設備容量を60,000MWとすることを打ち出している。

以上より、本事業は、審査時、事後評価時ともに国家開発計画、陝西省の開発計画に合致している。しかし、第9次5カ年計画後期2年間において、第8次5カ年計画（1991-1995）後期からの中国国内産業構造、1997年のアジア通貨危機、1998年の長江洪水等が影響して、電力供給過剰傾向が発生したことから、国家発展計画委員会は、1999年1月に以後3年間新規の火力発電所の着工を許可しないとの方針を出した。従って、本事業期間中の一時期のみ、本事業と中国開発政策との整合性が見られない時期があったが、この3年間の新規発電所建設の停止が2002年以降に再び電力不足を引き起こすことになった。

##### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

陝西省は、1990年から1995年まで年平均9.4%の経済成長を達成したが、電源開発が不十分な状態であった。1995年の同省の電力供給量は235.7億kWhであったが、同省の電力需要量237億kWhを満たしていなかった。

陝西省の電力需要量は、以下の表に示す通り、2005年から2010年の間、年平均14.5%増加している。一方、同省の発電設備容量は、同期間に年平均15.3%増加しており、2007年以降需給ギャップが少しずつ縮まってきているものの依然需給ギャップがあり、特に電力需要のピーク時には電力不足に陥る地域もある。

<sup>1</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>2</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

表 1 陝西省の電力需給量の推移 (2005年-2010年)

単位：億 kWh

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
電力供給量	443.4	491.6	546.8	609.5	641.9	775.1
電力需要量	436.7	574.0	660.0	705.0	733.7	859.2

出典：実施機関への質問票への回答

以上より、本事業は、審査時及び事後評価時ともに、陝西省の開発ニーズに合致している。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

「我が国の政府開発援助の実施状況（1997年度）に関する年次報告」における「対中国国別援助方針」の(2)我が国の援助の重点項目（イ）重点地域に「有償資金協力を中心に、経済インフラ整備に資する協力を行うとともに、中国のバランスのとれた発展を支援するとの観点から、相対的に開発余地の大きい内陸地域にこれまで以上に配慮し、農業・農村開発への協力、豊富な資源を活用した開発への協力を進める」とある。また、海外経済協力基金（OECF）は、1996年度から2000年度に実施された中国向け第4次円借款で、それまでの経済インフラに加え、内陸部開発、環境に関する事業を重視した。本事業は、内陸地域の豊富な石炭を利用活用した経済インフラ整備に資する協力であり、また中国の火力発電所向け円借款では初めて排煙脱硫装置の設置を含めた事業であることから、本事業は審査時点で我が国の援助政策と合致している。

以上より、本事業の実施は中国政府、陝西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

## 3.2 有効性<sup>3</sup>（レーティング：③）

### 3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業完了後から2010年までの運用効果指標の計画値（参考値）と実績値を以下に示す。

<sup>3</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

表 2 運用効果指標

指標	単位	計画値/ 実績値	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
最大出力	MW	計画値	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	MW	実績値	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
送電端発電量	億 kWh	計画値	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
	億 kWh	実績値	49.7	66.6	59.1	57.0	56.4
設備利用率	%	計画値	62.79	62.79	62.79	62.79	62.79
	%	実績値	50.26	66.91	59.78	57.69	57.32
稼働率	%	計画値	68.49	68.49	68.49	68.49	68.49
	%	実績値	84.22	93.03	88.63	89.56	90.82
所内率	%	計画値	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	%	実績値	5.97	5.37	5.92	6.06	6.31
発電端熱効率	%	計画値	60	60	60	60	60
	%	実績値	39.18	39.73	40.52	40.85	40.94
原因別の停止時間 (時間/年)	人員ミス		0	0	0	0	0
	機械故障		39	1	91	0	0
	計画停止		1343	610	905	914	803
原因別の停止時間 (回数/年)	人員ミス		0	0	0	0	0
	機械故障		3	1	2	0	0
	計画停止		9	4	7	5	4

出典： JICA 審査時資料、実施機関への質問票への回答

注 1： それぞれの指標は以下の計算方法で数値を算出した。

送電端発電量 = 年間発電端発電量 - 年間所内消費電力量

設備利用率 = 年間発電量 / (定格出力 x 年間時間数) x 100

稼働率 = (年間運転時間 / 年間時間数) x 100

所内率 = (年間所内消費電力量 / 年間発電端発電量) x 100

発電端熱効率 = (年間発電端発電量 x 860) / (年間燃料消費量 x 燃料発熱量) x 100

本事業においては、審査時に運用・効果指標の計画値の設定がなされていなかったため、FIRR 算出根拠となった数値から算出した数値を計画値（参考値）として実績値と比較した。計画値（参考値）との比較においては、発電端熱効率を除く全ての指標において計画値（参考値）をほぼ達成している。発電端熱効率に関しては、計画値（参考値）を下回っているものの<sup>4</sup>、約 41%と先進国と同等の数値となっており<sup>5</sup>、一定の効果を発現していると考えられる。2006 年から 2008 年にかけて、機械故障で発電所を停止したが、これは変圧器のトリップ<sup>6</sup>及び避雷器の汚損フラッシュオーバー<sup>7</sup>が原因であるが、適切な処置がなされ、現在は問題ない。

また、本事業においては、発電所で発電した電力は、西庄変電所、高明変電所、信义変電所経由で、陝西省送電網に送電されている。

<sup>4</sup> FIRR 算出根拠のうち、費用の一つである石炭に関して、発電所の実際の年間石炭調達計画 350 万トンに対し、FIRR 算出には 196 万トン/年の石炭費用が使用された。その為、発電端熱効率の計画値（参考値）が非現実的な数値となっている。

<sup>5</sup> 東京電力資料によると、主な先進国の発電端熱効率は次の通り、アメリカ 38.8%、ドイツ 39.5%、フランス 41.6%、北欧 41.8%、日本 43.2%、イギリス/アイルランド 44.0%（2007 年実績）。

<sup>6</sup> 過電流等による負荷電流を遮断する動作。

<sup>7</sup> 碍子にほこりなどがつき、絶縁が保てなくなり放電すること。

### 3.2.2 定性的効果

#### (1) 電力の安定供給による生活レベルの向上

韓城第2発電所は、2007年以降56-66億kWh（陝西省電力需要量の6-10%）の電力を安定して陝西省に供給している。韓城第2発電所が位置する県級市である韓城市の1人当たりのGDPは、発電所が建設された2006年から2010年まで年平均18.9%で成長している。それに対し、同時期の消費者物価指数（CPI）は年平均4.4%の増加となっており、同市の経済面における生活レベルは向上したといえる。韓城第2発電所が位置する地級市である渭南市の渭南韓城供電局によると、同発電所建設前は、1970年に建設された韓城発電所が停止すると電力使用制限がかかる状態であったこと、また大口需要家からは、韓城第2発電所のおかげで電力使用制限がなくなったことで投資計画が立てやすくなり、会社経営にプラスに働いたとの発言があったこと（囲み1）を考慮すると、本事業は韓城市の電力の安定供給、同市にある会社の経営改善などを通じて同市の経済活動の活性化に貢献したと考えられる。

#### 囲み 1. 大口需要家インタビュー

##### *Shaanxi Shaan-Han Coal Mining Co. Ltd.*（韓城鉱業委員会傘下企業）

1998年に設立した従業員15,000人を抱える石炭会社。「1990年代は、電力需給ギャップがあり、政府方針により電力を優先的に確保できる鉱業セクターですら主要機械以外は停電があった。しかし、2000年に入ってからはそのようなことは経験していないため、韓城第2発電所の建設により直接的な影響を受けているようには感じていない。一方、一般的には電力の安定供給による地域経済への貢献といった正のインパクトと交通量の増加という負のインパクトがある。」

##### *Shaanxi Longmen Iron and Steel Co. Ltd.*（韓城市）

1995年に設立した従業員1,280人を抱える製鉄会社、年間売上は165億元（2009年）。韓城市が位置する渭南市の消費電力の1/3を占める大口需要家。「韓城第2発電所建設前は年間約13億kWhを消費したが、建設後は約17億kWhを消費している。また、同発電所建設前は月に1-2回の停電があったが発電所建設後は停電を経験していない。これにより、会社の投資計画が立てやすくなり利益の向上に貢献したため、発電所の建設には非常に満足している。」

### 3.3 インパクト

#### 3.3.1 インパクトの発現状況（事業目的にある“インパクト”）

##### (1) 陝西省の電力需要に対応することによる同省の経済発展の促進

陝西省のGDP（国内総生産）及び工業部門<sup>8</sup>がGDPに占める割合を以下に示す。

表3 陝西省のGDP及び工業部門がGDPに占める割合の推移（2006年-2010年）

単位：100万元

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
実質GDP	576,910	668,061	777,623	883,380	1,012,348
GDPに占める工業部門の割合	46.3%	46.6%	48.0%	42.9%	45.0%

出典：中国国家统计局

<sup>8</sup> 鉱物採掘業、製造業、電力・ガス・水の生産と供給業等を含む。

表 4 陝西省の電力消費量に占める工業部門の電力消費量の割合 (2006年-2010年)

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
工業部門の電力消費量の割合	65.9%	66.8%	66.1%	63.2%	64.2%

出典：中国国家统计局

2006年に本事業が完成後2010年までのGDPの年平均成長率は、15.1%となっている。しかし、本事業の貢献という視点からは、陝西省全体の電力供給量は、本事業が完成した2006年から2010年まで年平均11.8%で増えているため、本事業の陝西省の経済発展への直接的な貢献を図ることは難しい。しかし、2006年から2010年まで、陝西省のGDPの約45%を継続的に工業部門が占めており、同省のGDPの成長をけん引していること、そして表4に示す通り、同省の部門別電力消費量では、工業部門が約65%を占めていることを考慮すると、本事業は、陝西省に安定して電力を供給することを通じて、同省の経済発展の一部に貢献していると考えられる<sup>9</sup>。

### 3.3.2 その他、正負のインパクト

#### (1) 自然環境へのインパクト

##### ① 排煙

排煙対策としては、硫黄酸化物（以下、SOx）対策として、排煙脱硫装置2台（脱硫率93%）が設置された。審査時は、排煙脱硫装置1台（脱硫率65%。発電所全体で30%）を設置する計画であったが、中国政府の火力発電所の大気汚染物排出基準（以下、大気排出基準）が強化されたことから、脱硫率を93%に変更し、また本事業完了後、追加で1台を自己資金で調達している<sup>10</sup>。



大気モニタリングシステム

窒素酸化物（以下、NOx）対策としては、低NOxバーナー及び2段階燃焼法を適用、ダスト対策としては99.5%の集塵効率を持つ電気集塵機を設置した。結果、全ての大気排出基準をクリアしている。なお、2009年よりオンラインモニタリングシステムが導入され、大気排出に関しては陝西省環境保護庁により常時モニタリングされている。また、大気排出基準に関しては、2012年にも改定がなされ、既設発電所に関しては2014年より新基準に対応することが求められている。韓城発電所に関しては、SOx、NOx、ダストの数値が基準値に満たないため、2014年までに基準値をクリアするための対策をとることが必要である。また、新大気排出基準には、水銀（0.03mg/Nm<sup>3</sup>）が基準として追加され、2015年から適用される予定であるものの詳細はまだ不明であり、省環境保護庁からの情報を待っている状況である。

<sup>9</sup> 陝西省送電網に売電された電力が均等に各部門に配電されていることを前提としている。

<sup>10</sup> 火力発電所汚染物排出基準 GB13223-1996(1997年から適用)で、SOxの排出濃度が1,200mg/Nm<sup>3</sup>と設定された。審査時の排煙脱硫装置の脱硫率65%では、排出濃度が1,500mg/Nm<sup>3</sup>程度となるため、脱硫率に変更になった。

表5 火力発電所の大気汚染物排出基準

項目	基準	新基準 (2012年) (GB13223-2011)	事業完成時 (GB13223-2003)	審査時 (GB13223-91)
	-	基準値	基準値	基準値
	排出実績 (2011年1月-9月)			
SOx	300-400mg/Nm <sup>3</sup>	200mg/Nm <sup>3</sup>	400mg/Nm <sup>3</sup>	- <sup>11</sup>
NOx	500-600mg/Nm <sup>3</sup>	100mg/Nm <sup>3</sup>	650mg/Nm <sup>3</sup>	-
ダスト	40-50mg/Nm <sup>3</sup>	30mg/Nm <sup>3</sup>	50mg/Nm <sup>3</sup>	469mg/Nm <sup>3</sup>

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票への回答

注： 基準値 (GB13223-2011) は、既設発電所は 2014 年から適用

② 排水

排水は、審査時通り、汚水総合排出基準クラス III 以下に処理後、排水している。結果、陝西省環境保護庁に通知が義務付けられている水素イオン指数 (以下、PH)、化学的酸素要求量 (以下、COD)、懸濁物 (以下、SS) の全実績値において基準値を下回っている。

表6 汚水総合排出基準

項目	基準	事業完成時/現在 (GB8978-1996)	審査時 (GB8978-88)
	-	基準値	基準値
	排出実績値 (2011年1月-9月)		
PH	7-8	6-9	6-9
COD	30-50	150	500
SS	20-40	150	400

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票への回答

③ 騒音

騒音対策としては、高さ 20m の騒音防止壁を設置することで、騒音基準値を下回っている。

表7 工業企業境界線における騒音基準

項目	基準	現在 (GB12384-2008)	審査時/事業完成時 (GB12384-90)
	-	基準値	基準値
	実績値		
騒音レベル	50dB (夜間) /60dB (昼)	50dB (夜間) /60dB (昼)	50dB (夜間) /60dB (昼)

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票への回答

④ その他 (石炭灰処理)

石炭灰処理に関しては、事後評価時にサイト査察を行ったところ、審査時計画通り、サイト東方約 1.5km の黄河の旧河川敷の灰捨場に埋め立て処分されていることが確認された<sup>12</sup>。また、粉塵防止対策として、乾式のパイプラインによる空気圧送方

<sup>11</sup> 排出濃度に関しては設定されていなかったが、排出量に関しては 20,941kg/h (30%排煙脱硫装置設置) が設定されていた。

<sup>12</sup> 基準値等は特段定められていない。また、事後評価時のサイト査察においては、灰捨場からの粉塵は特段確認されなかった。



式の利用、浸水による地下水汚染対策として黄土ライニング<sup>13</sup>が実施されたことが確認された。

## (2) 住民移転・用地取得

取得用地は 135 ヘクタール、移転住民は 83 世帯、435 人と、審査時の計画通りであった。補償金額は、実績として一世帯当たり 17.86 万円であった。また、住民移転先では、一世帯当たり 200m<sup>2</sup>の土地とコンクリートブロック造りの家が割り当てられた。事後評価時の住民移転先の視察から、住民移転先は韓城第 2 発電所から車で 5 分ほどの距離にある地域で、住民移転後は役場や体育館等の施設が建設され、現在は村（大前新村）になっていることが確認された。



住民移転先の様子

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

## 3.4 効率性（レーティング：②）

### 3.4.1 アウトプット

本事業におけるアウトプット（計画/実績）を以下に示す。

表 8 アウトプット（計画/実績）

項目	数量、仕様等	
	計画	実績
ボイラー	2 基、自然循環又は強制循環式（亜臨界圧）、一次再熱型	計画通り（強制循環式を採用）
タービン発電機	2 基、3,000rpm、50Hz、出力 600MW 水 - 水素冷却	計画通り
主要変圧器	3 x 240 MVA	計画通り
計装・制御	Dispersed Control System (DCS)	計画通り
排煙脱硫装置	1 基、湿式石灰石膏法、脱硫率 65%（発電所全体では 30%）	1 基、脱硫率 93%。事業完成後自己資金で排煙脱硫装置 1 基を追加。（脱硫率は発電所全体で 93%）
排水処理設備	2 x 50t/h	排水処理量の変更 2 x 60 t/h
排煙処理設備	電気集塵機 4 基、集塵効率 99.5%以上	計画通り （集塵効率 99.79%以上）
煙突	240m x 1 本 直径 10m	240m x 2 本、直径 6.9m
石炭前処理設備	貯炭場 25 万 t、敷地面積 53,000 m <sup>2</sup>	計画通り
石炭灰処理設備	乾式パイプ圧送方式	計画通り
冷却塔	自然通風方式	計画通り

<sup>13</sup> 浸水を防ぐために保水性の高い黄土を被覆すること。

項目	数量、仕様等	
	計画	実績
コンサルティングサービス	合計：145M/M 事業統括 23M/M、機械技師（2名）28M/M、電気技師（2名）28M/M、制御技師（2名）28M/M、脱硫技師 19M/M、環境技師 19M/M が以下の業務を実施。 ① 入札書類準備に対するアドバイス ② 入札評価に対するアドバイス ③ 契約交渉に関するアドバイス ④ 設計連絡会への参加、設計に関するアドバイス ⑤ 事業進捗の監督補助 ⑥ 設備 の検収実施補助	合計：84.6M/M 入札（62.3M/M）、設計（7.8M/M）、建設・試運転（14.5M/M）

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票への回答

事業内容に関しては、仕様の変更を除いてはほぼ計画通りであった。仕様の変更に関しては、中国の大気排出規制が強化され SO<sub>x</sub> の排出濃度が設定されたことに対応して排煙脱硫装置の脱硫率が高くなったこと、排水処理設備の排水処理量が実際の排水量に基づき変更になったこと、国内入札の結果、同じ性能でより安価な煙突の仕様に変更されたことが挙げられる。また、コンサルティングサービスが 84.6M/M と計画比 58%となったが、サービス内容に変更は見られなかった。実施機関によれば、コンサルティングサービスについて、実績が計画を下回った理由は、計画が過大だったとのことであるが、詳細な原因は確認できなかった。



タービン発電機



排煙脱硫装置

### 3.4.2 インプット

#### 3.4.2.1 事業費

審査時の事業費計画値は、131,315 百万円（外貨 57,970 百万円、内貨 73,345 百万円）であったが、実績は 74,060 百万円（外貨 34,167 百万円、内貨 39,893 百万円）であり、計画値 56%となり、計画内に収まった。しかし、アウトプットでの仕様の変更が原因となって、排煙脱硫装置及び排水処理設備の費用が計画よりも上回り、また国際競争

入札の結果により施工機械の費用が計画よりも上回った。

表9 事業費（計画/実績）

	計画値					実績			
	外貨		内貨	合計		外貨	内貨	合計	
	百万円	内 1997年	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円
ボイラー	18,873	11,265	732	2,120	28,828	11,506	307	1,108	15,911
タービン	22,008	13,019	824	2,442	33,214	13,906	330	1,299	18,641
I&C	2,914	2,046	202	416	5,661	1,200	110	193	2,778
排煙脱硫装置	3,370	1,987	99	347	4,716	3,803	68	333	4,778
灰処理設備	980	726	189	261	3,550	711	60	109	1,572
石炭処理設備	2,157	1,298	193	352	4,782	984	141	209	3,007
水処理設備	104	104	89	97	1,314	457	94	125	1,805
変電(開閉所)設備	1,105	825	584	665	9,047	627	194	237	3,410
施工機械	228	228	11	28	378	618	-	43	618
その他	-	-	460	460	6,256	34	1,476	1,478	21,214
コンサルタント費	465	465		34	465	321	-	22	321
物価上昇率	3,027	1,392	1,752	1,975	26,849	-	-	-	-
物的予備費	2,739	1,645	258	459	6,248	-	-	-	-
合計	57,970	35,000	5,393	9,656	131,315	34,167	2,780	5,161	74,060

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票への回答

注1：審査時の為替レート 1 元=13.6 円、事後評価時点での為替レート 1 元=14.35 円（貸付実行期間の単純平均レート）

事業費の主な削減理由は以下のとおりである。

- ① 鋼材等の原材料価格の大幅低下等の影響を受けた国際競争入札の結果により費用が計画を大幅に下回った
- ② 中国国内の原材料価格の低下

なお、事業費の効率性に係る評価の制約として、実施機関が審査時の費用項目とは異なった費用項目で事業費の管理を行っていたため、費用項目ごとに事業費を比較することは困難であった。実施機関によれば、事業期間中に実施機関の変更があり、新しい実施機関が異なった費用項目を使用したことが原因であろうとのことであった。

#### 3.4.2.2 事業期間

事業期間は、計画を大幅に上回った。審査時は、1997年1月（概念設計のレビュー開始月）より2002年12月（2号機試運転）の72ヵ月を計画していたが、実績は1997年1月

(概念設計のレビュー開始月) から 2006 年 3 月<sup>14</sup>の 111 ヶ月と、計画比 154%となった。

事業期間延長の主な理由は、以下の通りである。

- ① 妥当性の項で記述した通り、国家発展計画委員会（当時）による電力改革により、1999 年から 3 年間新規発電所の着工許可が抑制されたため、本事業の着工許可が、計画時の 1997 年 12 月から 2002 年 7 月まで 56 ヶ月延期された。
- ② 国務院によるフィージビリティスタディの批准が中国国内手続きの遅れで計画の 1997 年 6 月から 1998 年 3 月に 10 ヶ月遅延した。

一方、着工許可もしくは最初の契約締結<sup>15</sup>から 2 号機試運転までの期間に関して、審査時は、1997 年 12 月から 2002 年 12 月の 61 ヶ月であったが、実績は 2001 年 6 月から 2006 年 3 月の 58 ヶ月と、計画比 95%であった。

### 3.4.3 内部収益率（参考数値）

事後評価時点での財務的内部収益率（FIRR）は、6.52%と審査時の 12.01%から下回った。主な原因として、石炭価格が審査時より大幅に上回ったこと、売電価格が審査時より下回ったこと、地方税率が審査時より高くなったことがあげられる。なお、実施機関によると、2012 年以降の石炭価格、売電価格に関して、まず石炭価格は、価格上昇を抑えるという中国政府の方針を参考に年率約 4%の上昇を想定、また売電価格は 2006 年から 2011 年の年平均値上げ率約 5%を参考に算出されている。一方、経済的内部収益率（EIRR）は、審査時に算出されていなかった。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。

## 3.5 持続性（レーティング：②）

### 3.5.1 運営・維持管理の体制<sup>16</sup>

大唐韓城第 2 発電所有限公司(大唐陝西発電有限公司<sup>17</sup>60%、陝西省投資集団公司 40%が出資する会社)が、発電所の運営維持管理を行っている。従業員 342 名が、人事部、財務部、政治部、計画部、監査部、安全管理部、燃料部、発電部、電力供給部、環境保護部で業務にあたっている。設備点検は、Hancheng Power Maintenance Carrier にアウトソースし、同社が 798 名体制で行っている。

<sup>14</sup> 発電所の商業運転は 2005 年 8 月から開始されているが、本事業のアウトプットの一つである排煙脱硫装置の運転開始が 2006 年 3 月であり、事業完成も 2006 年 3 月とした。

<sup>15</sup> 本事業では、着工許可取得前にタービン発電機（2001 年 6 月）、ボイラー（2001 年 8 月）の契約締結が行われた。

<sup>16</sup> 大唐韓城第 2 発電所有限公司は、本事業で建設されたフェーズ 1（2 ユニット）と自己資金で建設されたフェーズ 2（2 ユニット）を管理しており、同会社の運営・維持管理に関する情報はすべて両フェーズを合わせた情報となっている。

<sup>17</sup> 中国大唐集团公司の子会社

### 3.5.2 運営・維持管理の技術

大唐韓城第2発電所有限公司の従業員のうち、5名が修士以上、186名が大卒、126名が専門技術短大卒となっており、従業員の90%以上が短大卒以上となっている。また、191名の発電業務関連従業員のうち、1名が高級技工士資格、7名が技工士資格、75名が高級技師資格、60名が中級技師資格を有している。

運営維持管理に関わる研修は、制御関連の研修が発電所の運転開始前に実施され延べ150名以上が受講、現在は研修を受けた従業員による研修が実施されている。また、運営維持管理に関わるマニュアルが多数整備されており、点検管理マニュアル16冊、機材管理マニュアル16冊等が整備されている。

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

営業利益は、2008年以降赤字となっている。主な原因は、石炭価格の高騰による主營業務原価の上昇及び売電価格の抑制による主營業務収入の伸び悩みである。主營業務原価は2008年以降2007年と比較し、50-100%程度増加している一方、売電価格は、中国政府により低く抑えられており、主營業務収入は10-70%の増加となっている<sup>18</sup>。しかし、実施機関によれば、筆頭株主の親会社である中国大唐集团公司を含む5大発電集团公司<sup>19</sup>による国家発展改革委員会、国家电网等との協議等により、現在は2011年4月以前と比較し、売電価格が16%値上げされており、2011年の財務状況は改善され、2012年には赤字ではなくなる見込みとのことである。実施機関によるこの予想は、売電価格の上昇に加え、国家発展改革委員会が、2011年4月に発電用石炭価格を前年水準に維持することを要求する通知を出すなど、発電所の主營業務原価が増加する原因となっている石炭価格の安定に中国が国レベルで取り組んでいることを考慮すると、妥当な予想と思われる。また、新大気排出基準への対応が求められ、設備の改造費用が必要になるが、実施機関によれば同費用に関しても財務計画に含められている。

表10 過去4年間の収支状況

単位：1000 元

	2007年	2008年	2009年	2010年
主營業務収入	1,590,678	1,718,160	2,580,849	2,729,869
主營業務原価	1,255,043	2,061,454	2,651,278	2,941,601
營業税金及び付加	19,299	9,626	20,811	1,532
主營業務利益	316,336	-352,920	-91,240	-213,264
その他業務収入	6,929	7,336	4,249	4,819
その他の業務原価	2,993	2,967	3,289	3,326
財務費用	-60,003	53,807	284,040	248,846
營業利益	380,275	-402,358	-374,330	-460,617

出典：損益計算書

<sup>18</sup> 主營業務収入、主營業務原価の増加幅に関しては、2008年にフェーズ2の運転が開始されたため、フェーズ1のみの運転であった2007年から大きく変化しており、フェーズ1のみの増加幅を確認することは出来ない。しかし、主營業務収入の増加幅に比べ主營業務原価の増加幅が大きいのは明らかである。

<sup>19</sup> 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

### 3.5.4 運営・維持管理の状況

日常点検に加え、定期点検は、C点検（25日間）とA点検（65日間）から構成される6年サイクル（CCCCCA）の点検を計画通り実施し、発電所完成以降、電力需要に基づき安定的に電力供給を続けている。

以上より、本事業の維持管理は財務状況に軽度な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

## 4. 結論及び提言・教訓

### 4.1 結論

本事業は、陝西省韓城市において総設備容量1,200MW（600MW×2）の石炭火力発電所を建設することにより、陝西省の電力需要の増大に対応することを図り、地域経済発展に寄与することを目的としていた。妥当性については、中国、陝西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、整合性は高い。有効性・インパクトについては、本事業が目標としていた陝西省の電力需要への対応、またそれによる同省の経済発展は、本事業の実施により概ね計画通りの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。持続性については、本事業の運営維持管理にかかる体制・技術面では問題が見られなかったが、財務状況に軽度な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

### 4.2 提言

#### 4.2.1 実施機関への提言

- (1) 新大気排出基準の指標のうち、基準をクリアしていないSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>及びダストの排出レベルに関して、必要な対策を2014年までに講じる必要がある。また、水銀の排出濃度基準に関して、センサーを設置し、要すれば2015年までに基準達成のための措置をとる必要がある。
- (2) 売電価格について、親会社である中国大唐集団国司経由、売電価格の改善もしくは発電所運営補助金の獲得に向けて、国家発展改革委員会、陝西省政府、国家电网と協議を続けるなど、財務持続性の確保に継続的に取り組む必要がある。

#### 4.2.2 JICA への提言

なし。

### 4.3 教訓

なし。

以上

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
① アウトプット ボイラー  タービン発電機  主要変圧器 計装・制御 排煙脱硫装置  排水処理設備 排煙処理設備  煙突 石炭前処理設備 石炭灰処理設備 冷却塔 コンサルティン グサービス	2基、自然循環又は強制循環式（亜臨界圧）、一次再熱型  2基、3,000rpm、50Hz、出力600MW、水 - 水素冷却  3 x 240 MVA Dispersed Control System (DCS) 1基、湿式石灰石石膏法、脱硫率30%（発電所全体。1基65%）  2 x 50t/h 電気集塵機4基、集塵効率99.5%以上  240m x 1本、直径10m 貯炭場25万t、敷地面積53,000㎡ 乾式パイプ圧送方式 自然通風方式 事業統括23M/M、機械技師（2名）28M/M、電気技師（2名）28M/M、制御技師（2名）28M/M、脱硫技師19M/M、環境技師19M/Mが以下の業務を実施。 ① 入札書類準備に対するアドバイス ② 入札評価に対するアドバイス ③ 契約交渉に関するアドバイス ④ 設計連絡会への参加、設計に関するアドバイス ⑤ 事業進捗の監督補 ⑥ 設備 の検収実施補助	計画通り（強制循環式を採用）  計画通り  計画通り 計画通り 1基、脱硫率93%に変更。事業完成後自己資金で排煙脱硫装置1基を追加。（脱硫率は、発電所全体で93%） 排水処理量の変更2 x 60 t/h 計画通り （集塵効率99.79%以上） 240m x 2本、直径6.9m 計画通り 計画通り 計画通り 入札（62.3M/M）、設計（7.8M/M）、建設・試運転（14.5M/M）の計84.6M/M。
② 期間	1997年1月～2002年12月（72ヶ月）	1997年1月～2006年3月（111ヶ月）
③ 事業費 外貨 内貨  合計 うち円借款分 換算レート	57,970百万円 73,345百万円 (5,393百万円) 131,315百万円 57,970百万円 1元＝13.6円 (1997年2月)	34,167百万円 39,893百万円 (2,780百万円) 74,060百万円 34,167百万円 1元＝14.35円 (1997年9月～2009年6月平均)

以上