

平成 23 年度案件別事後評価：
パッケージ I-1
(中国)

平成 24 年 9 月
(2012 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
三州技術コンサルタント株式会社
グローバルリンクマネジメント株式会社

評価
JR
12-09

序文

政府開発援助においては、1975 年以来個別プロジェクトの事後評価を実施しており、その対象を拡大させてきました。また、2003 年に改訂された「ODA 大綱」においても「評価の充実」と題して「ODA の成果を測定・分析し、客観的に判断すべく、専門的知識を有する第三者による評価を充実させる」と明記されています。

こうした背景の中、より客観的な立場から事業の成果を分析し、今後の類似事業等に活用できる教訓・提言の抽出を目的として、円借款事業については主に 2009 年度に完成した事業、また技術協力プロジェクトおよび無償資金協力事業については主に 2008 年度に終了した事業のうち、主に協力金額 10 億円以上の事業に関する事後評価を外部評価者に委託しました。本報告書にはその評価結果が記載されています。

本評価から導き出された教訓・提言は、国際協力機構内外の関係者と共有し、事業の改善に向けて活用していく所存です。

終わりに、本評価にご協力とご支援を頂いた多数の関係者の皆様に対し、心より感謝申し上げます。

2012 年 9 月
独立行政法人 国際協力機構
理事 渡邊 正人

本評価結果の位置づけ

本報告書は、より客観性のある立場で評価を実施するために、外部評価者に委託した結果を取り纏めたものです。本報告書に示されているさまざまな見解・提言等は必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

また、本報告書を国際協力機構のウェブサイトに掲載するにあたり、体裁面の微修正等を行うことがあります。

なお、外部評価者とJICA事業担当部の見解が異なる部分に関しては、JICAコメントとして評価結果の最後に記載することがあります。

本報告書に記載されている内容は、国際協力機構の許可なく、転載できません。

中華人民共和国

西安市環境整備事業

外部評価者：グローバルリンクマネジメント株式会社

芹澤 明美

0. 要旨

本事業は、西安市の第3、第4下水処理場と排水管網を整備し、下水処理能力の拡張を図り、さらに河川の水質と生活環境の改善に寄与することを目的としていた。本事業の実施は中国の開発政策、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。本事業は、西安市の下水処理能力の拡張に関して計画通りの効果発現が見られ、市内河川の水質改善に関しても本事業が部分的に寄与したものと推定できるため、有効性・インパクトは高い。ただし、事業費・事業期間はともに計画を上回ったため、効率性は低い。維持管理体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は高い。

1. 案件の概要



案件位置図



西安市第3下水処理場

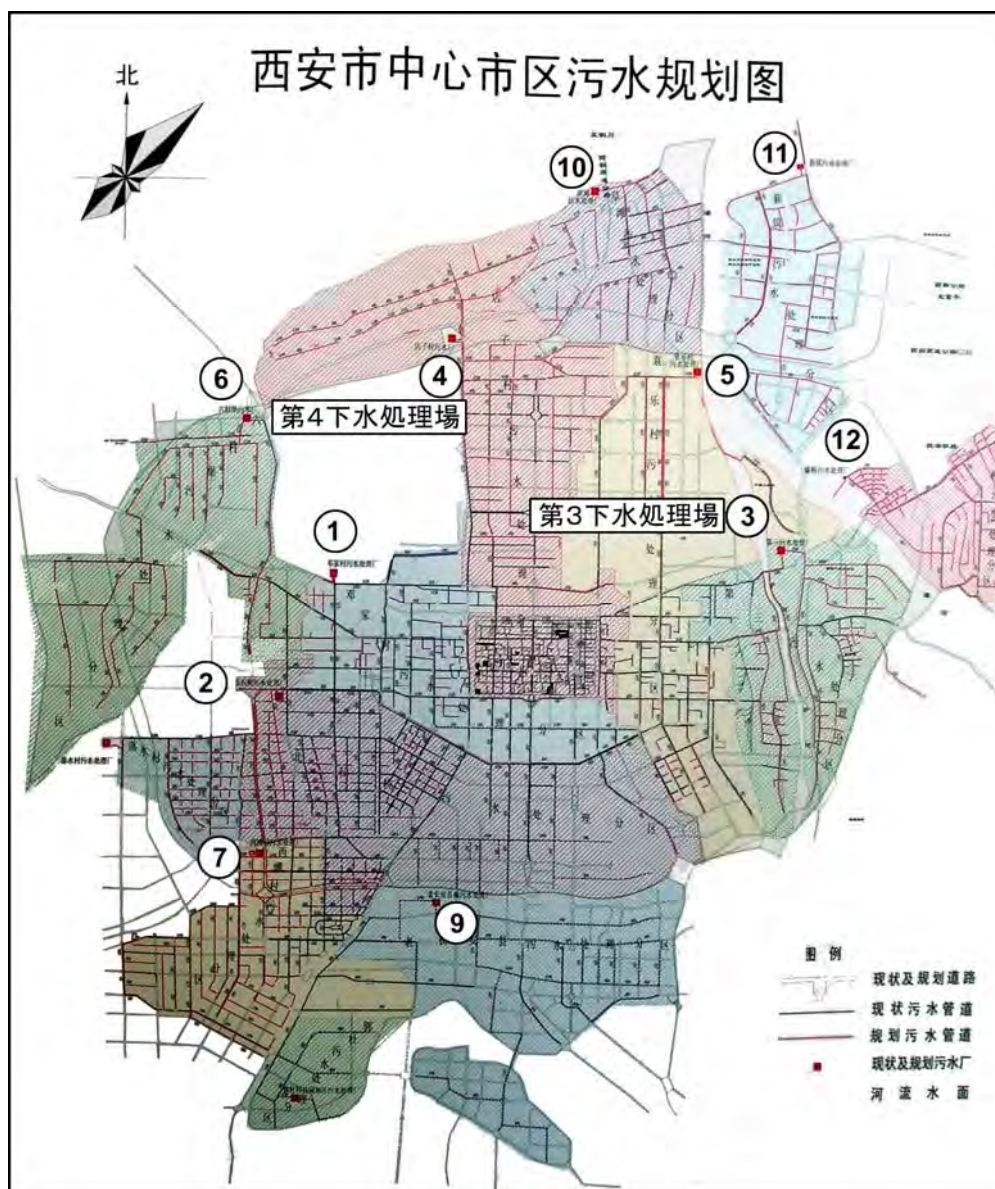
1.1 事業の背景

中国では急速な経済成長に伴い、工業化と人口増加によって1980年代以降環境汚染が進んだ。中国政府は特に1990年代後半に環境保護政策を強化し一定の成果を上げたものの、汚染状況は依然深刻であった。水質汚濁の主な原因であった工業排水については改善努力により漸減傾向にあったが、都市化の進展と生活水準の向上により生活排水が急増し、2000年には全国の汚水総量の過半を生活排水が占めるに至った。2000年当時、中国都市部の下水処理率は34%にとどまっており、河川の水質汚濁が深刻であった。西安市は陝西省の省都で、観光地としても有名な古都であるが、下水処理率は2000年時点で23%しかなく、市内河川の水質汚濁が著しかった。このため、西安市では下水処理施設の整備を進める必要があった。

1.2 事業概要

西安市において下水処理場（第 3、第 4 下水処理場）の新設と排水管網の整備を行うことにより、下水処理能力の拡張を図り、もって市内河川の水質改善と市民の生活環境改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	9,764 百万円／8,917 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 3 月／2002 年 3 月
借款契約条件	下水処理場部分 金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 二国間タイド 排水管部分 金利 1.70%、返済 30 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／西安市人民政府
貸付完了	2010 年 1 月
本体契約	China Xi'an International Economic Technical Trade Group （中国）／China National Chemical Construction Corporation （中国）／Beijing High Standard Environmental Equipment Co., Ltd. （中国）
コンサルタント契約	なし
関連調査（フィージビリティ・スタディ： F/S）等（if any）	西安市政設計研究院による F/S（2001 年 8 月）
関連事業（if any）	円借款：西安市上水道整備事業 I,II（1993、1995）、 陝西省水環境整備事業（2005） デンマーク政府：西安第 1 下水処理場建設支援 北欧開発資金：西安第 2 下水処理場建設支援



出所：西安市污水处理有限责任公司

注：丸数字は下水処理場の番号を示す（第1下水処理場等）。

図1 事業位置図

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

芹澤 明美（グローバルリンクマネジメント株式会社）

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9日～10月22日、2012年2月21日～3月2日

2.3 評価の制約

市内河川の水質改善が本事業のインパクトとして想定されていたが、水質測定地点の地理的条件や、本事業で建設された下水処理場でカバーされない汚染源からの汚水の流入の影響があるため、本事業による河川の水質改善効果はデータ上には明確には現れない。これは、大都市における下水処理施設整備事業においては共通の事象であるといえる。詳細は「インパクト」の節で述べる。

3. 評価結果（レーティング：B¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

中国第 10 次 5 ヶ年環境保護計画（2001-2005）では、主要な汚染物の総排出量 2000 年比 10%削減、都市部の污水处理率³45%達成、主要河川流域の水質改善等を目標としていた。陝西省第 10 次 5 ヶ年計画では、西安市を含む主要都市における下水処理場の増設を計画し、西安市の污水处理率を 2005 年までに 50%以上とすることを目標としていた。

中国第 11 次 5 ヶ年計画（2006-2010）では、水の汚染抑制と、都市の下水処理施設建設を推進し、都市の污水处理率 70%達成を目標にしていた。陝西省第 11 次 5 ヶ年計画でも下水処理施設整備の推進と、省の污水处理率 60%達成を目標にしていた。西安市の第 11 次 5 ヶ年計画でも、水質汚染防止推進、下水処理場の建設（本事業による第 3、第 4 下水処理場を含む）、および污水处理率 70%達成を目標にしていた。排水管については、改修を進め、下水管網普及率 85%、雨水管網普及率 70%を目標にした。

同様に、現行の第 12 次 5 ヶ年計画（2011-2015）では、国家レベルでは都市の污水处理率 85%、陝西省では節水と再生水利用の推進、西安市では下水処理施設の整備を掲げている。西安城市総体計画（2004-2020）では、西安市街区の污水处理率を 2010 年までに 70%、2020 年までに 90%とすることを目標としている。

審査時及び事後評価時ともに、国家、陝西省、西安市の開発計画において水質汚染抑制と下水処理施設の整備が優先課題となっており、本事業は国家政策及び対象地域の開発計画と合致している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時点において、西安市街区の污水处理率は 23%にとどまっていた。下水処理能力不足のために市内河川の汚染が激しく、市内北部を西から東に流れる渭河の水質は 2001 年に国家水質環境 V 類基準（最悪区分）を超えた。西安市街区では 5 つの下水処理場を整備する計画を有していたが、当時存在した下水処理場は第 1、第 2 の 2 ヶ所（処理能力合計 27 万 m³/日）のみであった。本事業によって第 3 処理場（処理能力 10 万 m³/日）と第 4 処理場（処理能力 25 万 m³/日）を建設することで下水処理能力を拡張し、同時に排水管網の整備も行う計画であった。

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

³ 污水处理率＝処理量÷全発生汚水量

事後評価時点では、西安市街区の污水处理率は86%に上昇し（2010年データ）、污水处理能力は118万m³/日まで拡張した（2011年データ）。さらに、污水处理場の新設・増強によって2020年までには合計191万m³/日まで拡張する計画である。「インパクト」の節で述べるとおり、実施機関や周辺住民の体感としては河川の水質改善があったととらえているものの、本事業で建設された下水処理場でカバーされない污染源からの汚水の流入の影響があるため、本事業による河川の水質改善効果はデータ上には明確には現れていない。本事業で建設された第3、第4処理場下流の水質測定地点においては、2010年時点でも中国「地表水環境質量基準」（GB3838-2002）の最悪区分Ⅴ類かⅤ類超となっており、水質改善の努力を継続する必要がある。

以上から、審査時及び事後評価時ともに、西安市における下水処理能力を整備するニーズは高かったといえる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

「対中国経済協力計画」（2001年10月）、JBIC海外経済協力業務実施方針、2001年度国別業務実施方針において、環境保全を重視している。国別業務実施方針においては、環境保全に関し、下水処理施設整備や節水、再生水等の公益的事業を重点分野として検討することになっていた。従って、下水処理能力を整備する本事業は日本の援助政策と合致していた。

以上より、本事業の実施は中国の開発政策、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⁴（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) 下水処理能力の拡張

西安市街区の下水処理能力の推移を表1に示す。本事業では第3下水処理場10万m³/日と第4下水処理場25万m³/日を整備し、これは西安市街区の2011年時点の下水処理能力118万m³/日の30%を占める。本事業で整備した排水管117.6kmは現在の西安市街区排水管総延長の10%を占める。審査時点（2001年）以降の下水処理能力の増加分91万m³/日に対して本事業の割合は38%、排水管については同時期の増加分約710kmに対して16%となっており、本事業は西安市街区の下水処理能力の拡張に一定程度貢献したといえる。

⁴ 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 1 西安市街区の下水処理能力

年	2001	(2006 目標)	2006 実績	2007 実績	2008 実績	2009 実績	2010 実績	2011 実績
汚水処理率	23%	(65%)	60%	62%	65%	81%	86%	データ 無し
下水処理能力 (万 m ³ /日)	27	(62)	37	37	62	62	87	118
排水管総延長 (km)	484.12	(不明)	951	1,033	1,033	1,145	1,145	1,194
本事業のアウト プット			排水 管 117.6km (2005 年 12 月)。 第 3 処理場 10 万 m ³ /日 (2006 年 12 月)。		第 4 処理場 25 万 m ³ /日 (2008 年 10 月)。			

出所：審査時資料、実施機関提供資料、質問票回答

西安市街区の下水処理場は表 2 及び前掲の図 1 で示す通りである。

表 2 西安市街区の下水処理場

(単位：万 m³/日)

処理場	地名	運営会社	2001 年	2006	2008	2010	2011	拡張計画
第一	鄧家村	西安創業水務有限 公司	12	12	12	12	12	+6
第二	北石橋		15	15	15	15	15	+10
第三	紡績城		-	10 (*1)	10	15 (+5)	15	+12.5 2012 年 6 月 完成予定
第四	店子村		-	-	25 (*1)	25	25	
第五	袁楽村	西安市污水处理有 限責任公司	-	-	-	20 (*2)	20	
第六	六村堡							+10 2012 年 7 月 完成予定
第七	高新区 (西南郊)	西安高新区污水处 理有限公司					8 (*2)	
第八	開發区 (高陵县)	西安經濟開發区汚 水处理有限公司					10 (*2)	
第九	長安	北京桑德集团					5	
第十	草灘	西安市污水处理有 限責任公司						+4 2011 年 12 月 完成、試運転 中
第十一	新筑	西安国際港務区管 理委員会					5	
第十二	灊橋	西安灊灊生態区管 理委員会					2.5	
合計			27	37	62	87	117.5	(*3)

(注) (*1) 第 3 処理場の 10 万と第 4 処理場の 25 万は本事業で整備。

(*2) 第 5 処理場の 20 万、第 7 処理場の 8 万、第 8 処理場の 10 万は円借款事業で整備済。

(*3) 表の 12 ヶ所以外にも、新規で計画中の下水処理場が数ヶ所ある。

出所：実施機関

本事業で整備された第 3、第 4 下水処理場の実際処理量の推移を表 3 に示す。2011 年時点の稼働率は 85%前後である。

表 3 第 3、第 4 下水処理場の実際処理量

(単位：万 m³/日)

年	2007	2008	2009	2010	2011
第 3 処理場	6.83	8.52	8.59	8.86	12.53 (稼働率 84%)
第 4 処理場	N/A	N/A	16.59	21.34	21.55 (稼働率 86%)

出所：質問票回答

表 4 と表 5 で示す通り、2011 年現在、両下水処理場の年間排出量及び処理水の水質は審査時に想定された事業完成後（当初計画では 2006 年時点）の目標値を達成している。下水の処理能力、COD 等の排出量、処理水の水質に鑑み、両下水処理場は事業計画時に期待された通りの機能を、量的にも質的にも果たしていると言える。2011 年現在、処理場流入水水質（表 5「入口」データ参照）が 2001 年よりも悪化しているのにもかかわらず、排出量（表 4 参照）や処理水水質（表 5「出口」データ参照）は目標値よりもはるかに良い数値である。下水処理場完成当時（第 3 処理場は 2006 年 12 月完成、第 4 処理場は 2008 年 10 月完成）の年間排出量や処理水水質データは得られなかったが、上記から推測して、下水処理場完成当時の流入水水質は現在よりは良かったと思われることから、その当時も両処理場の排出量及び処理水の水質は目標を達成していたと考えられる。

表 4 第 3、第 4 下水処理場の年間排出量

(単位：トン／年)

年	2001 (基準値)	2006 (目標)	2011 (実績)
第 3 処理場 COD (*1)	14,235	(2,190)	1,638
第 3 処理場 BOD (*2)	7,300	(730)	540
第 3 処理場 SS (*3)	9,125	(730)	526
第 4 処理場 COD	37,413	(5,475)	2,540
第 4 処理場 BOD	20,988	(1,825)	560
第 4 処理場 SS	22,813	(1,825)	827

(注) (*1) COD (chemical oxygen demand) 化学的酸素要求量

(*2) BOD (biochemical oxygen demand) 生物化学的酸素要求量

(*3) SS (suspended solids) 浮遊物質

出所：審査時資料、実施機関提供資料、質問票回答

表 5 処理水の水質改善

(単位：mg/L。大腸菌群数は MPN/100mL)

年	2001 (基準値)		2006 (目標) (*5)		2011 (実績)	
下水処理場	第 3	第 4	第 3	第 4	第 3	第 4
入口 COD cr (*1)	390	410	N/A	N/A	666.67	615.92
出口 COD cr	N/A	N/A	<60	<60	38.07	33.22
入口 BOD5 (*2)	200	230	N/A	N/A	240.67	346.11
出口 BOD5	N/A	N/A	<20	<20	12.56	7.33
入口 SS	250	250	N/A	N/A	565.67	477.89
出口 SS	N/A	N/A	<20	<20	12.22	10.82
入口 TP (*3)	4	5	N/A	N/A	7.37	4.37
出口 TP	N/A	N/A	<0.5	<1.0	0.37	0.72
入口 NH ₄ ⁺ -N (*4)	30	40	N/A	N/A	42.81	32.45
出口 NH ₄ ⁺ -N	N/A	N/A	<15	<15	4.70	1.83
入口大腸菌群数			<100 万	<100 万	-	-
出口大腸菌群数	N/A	N/A	<30 万	<30 万	<1 万	<1 万

(注) (*1) COD cr はニクロム酸カリウムを酸化剤として使った数値。

(*2) BOD5 は 5 日間法。

(*3) TP (total phosphorus) 全リン

(*4) NH₄⁺-N (ammonia nitrogen) アンモニア態窒素

(*5) 2006 年の目標値は、中国「都市下水処理場汚染物質排出基準」(GB18918-2002)「1 級 B」に合わせている。

出所：審査時資料、実施機関提供資料、質問票回答



第 3 下水処理場



第 3 下水処理場

3.2.2 定性的効果

(1) リサイクル効果

リサイクル効果として、再生水利用と汚泥の再利用が期待されていた。第 3 下水処理場は計画通り 5 万 m³/日の再生水処理能力を有し、再生水は工場の冷却水、道路清掃、建設現場、植物の水やり、洗車、トイレ用水に利用されている。実際の再生水処理量は 2011 年で 1.4 万 m³/日である。実施機関によれば、現在のところ再生水処理単価と販売価格が同じ (1.25 元/m³) ため利益は出ていないが、今後再生水の需要の伸びが期待できることと、下水処理場のアップグレード(「都市下水処理場汚染物質排出基準」1 級 B 対応から 1 級 A 対応へ)によって処理水の水質が改善することで再生水処理コス

トの低下が見込まれることから、利益が出てくることが期待できるとのことである。

汚泥に関しては、計画では、大部分が廃棄物最終処分場で埋め立て処分され、基準を満たす一部の汚泥については都市緑化肥料として再利用される予定であった。実際は、全ての汚泥が生物学的処理後、建設廃棄物埋め立て場に埋め立て処分され、再利用は行われていない。実施機関によれば、汚泥の乾燥技術が十分に開発されていないことと、再利用のためのコストが高いことが理由である。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 河川の水質改善

西安市の最も大きな河川は、黄河の支流の一つである渭河であり、市街区北部を西から東に流れている。他に、市街区東部を南から北に流れる泾河と、そのさらに東を流れる灞河等、8本の主要河川がある。第3下水処理場は市街区東部の泾河沿い（泾河と灞河の合流地点から4.9km上流）に、第4下水処理場は市街区北部の渭河沿い（渭河と皂河の合流地点から6.8km上流）に位置する。

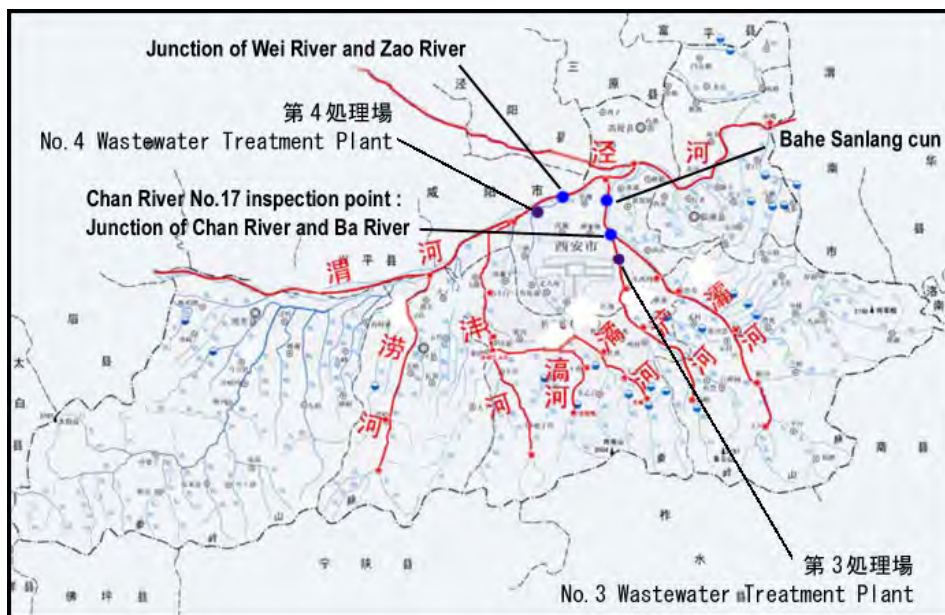


図2 西安市水系分布図

本事業の審査時点では、泾河についてCOD、BOD5、SS、TP、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の測定を実施機関と合意していたが、水質測定地点や基準値・目標値については言及されていなかった。渭河については、水質測定地点は不明ながら以下の基準値、目標値が定められていた。

表 6 審査時点での渭河水質改善目標

(単位 : mg/L)

年	2001 (実績)	2005 (目標)	2010 (目標)
COD	40	33	20
BOD5	12	10.1	4
NH ₃ ⁺ -N (*1)	0.15	0.12	0.02

注 : (*1) NH₃⁺-N (ammonia nitrogen) アンモニア態窒素

出所 : 審査時資料

なお、地表水の水質環境基準を定めた地表水環境質量基準は表 7 のとおりである。

表 7 中国地表水環境質量基準 (GB3838-2002)

(単位 : mg/L)

	I 類	II 類	III 類	IV 類	V 類
COD	15	15	20	30	40
BOD	3	3	4	6	10
NH ₃ ⁺ -N	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0

今回の評価にあたり、実施機関に依頼して 3 地点の水質データを入手した。表 8、表 9、表 10 に示す。

表 8 浐河第 17 測定地点

(第 3 下水処理場の下流 4.9km で、浐河と灞河の合流地点)

(単位 : mg/L)

年	2006	2007	2008	2009	2010
COD	77	50	62	103	56
BOD	20	9	19	31	13
NH ₃ ⁺ -N	9.908	9.274	4.966	3.110	3.508

注 : 第 3 下水処理場は 2006 年 12 月に完成。

出所 : 実施機関

この地点では、2007 年と 2008 年の数値は第 3 下水処理場完成前の 2006 年よりも若干改善した。当該合流地点では、浐河流量 132 百万 m³/年に対して灞河 552 百万 m³/年であり、第 3 下水処理場に関係しない灞河の影響の方が大きい。2008 年以降灞河の上流の開発が進み汚水流入が増えたために、当該地点のデータ上は目立った改善は見られなかった。中国地表水環境質量基準 (GB3838-2002) (表 7) によると、2010 年時点での当該地点の水質は V 類 (5 段階で最も悪い) を超えている。

表 9 灞河三郎村

(第 3 下水処理場の下流 13.6km。上記浐河第 17 測定地点の下流 8.7 km)

(単位 : mg/L)

年	2006	2007	2008	2009	2010
COD	45	44	14	49	38
BOD	8	7	4	13	9
NH ₃ ⁺ -N	9.568	17.17	5.084	5.169	0.936

注 : 第 3 下水処理場は 2006 年 12 月に完成。

出所 : 実施機関

上述の第 17 測定地点より下流であるにもかかわらず水質データが良いのは、両地点の間に沣灃環境保護区が存在し、西安市が環境整備に力を入れていることと、この地点では河の流れが遅く汚濁物が沈殿しやすいことが理由である。地表水環境質量基準に照らし合わせると、2010 年時点での当該地点の水質は V 類である。

表 10 渭河と皂河の合流地点（第 4 下水処理場の下流 6.8km）

(単位：mg/L)

年	2006	2007	2008	2009	2010
COD	685	512	274	161	127
BOD	220	198	84	49	41
NH ₃ ⁺ -N	22.64	13.5	25.12	33.16	19.71

注：第 4 下水処理場は 2008 年 10 月に完成。

出所：実施機関

この地点においては、第 4 下水処理場の完成以降、データ上、水質の改善傾向が見受けられる。しかしながら、地表水環境質量基準に照らし合わせると、2010 年時点での水質は未だに V 類を超えている。

上記 3 測定地点の水質データ上は、測定地点の地理的条件や、本事業で建設された下水処理場でカバーされない汚染源からの汚水の流入の影響があるため、第 3、第 4 下水処理場の効果は明確には現れていない。

審査時資料では渭河について水質の実績値・目標値が記載されていたが、測定地点が明記されていない。また、沣河については測定地点、実績値・目標値ともに設定がない。従って、事業前の実績・目標値と、現在の値を比較することはできない。

水質測定地点のデータに目立った改善は見られないものの、受益者調査（表 11）では、回答者の 97%が、河川の水質（濁り、臭い）が改善したと感じており、その多くが、第 3、第 4 処理場完成後の 2007 年から 2009 年にかけて改善したと感じている。水質改善の時期が第 3、第 4 下水処理場の稼働開始以降であると回答者の多くとらえていることから、河川の水質改善には本事業が少なくとも部分的には寄与していると考えられる。

(2) 西安市民の生活環境の改善

受益者調査の結果によると、下水処理能力の向上によって家庭の衛生状態が改善したと答えた者が 76%、西安市の衛生状態が改善したと答えた者が 95%いた。具体的には、河川の臭いの軽減や、排水管の整備によって大雨の際にも下水があふれることがなくなったとの回答があった。また、河川周辺及び、地区内・家庭内での環境改善があったと認識している。

表 11 受益者調査結果

(第 3 もしくは第 4 下水処理場の受益地域に住む 100 名。男性 53 名、女性 47 名)

第 3、第 4 下水処理場による効果	左欄の文章について 同意する回答者
西安市全体の下水処理能力が向上した	100%
汚水が適切に処理されている	100%
河川の水質が改善した (内 84%は、2007 年から 2009 年にかけて改善したと回答)	97% (濁り 97%、臭い 95%)
下水処理能力の向上によって、家庭の衛生状態が改善した	76%
下水処理能力の向上によって、西安の衛生状態が改善した	95%
下水処理料金は適切である	88%
負のインパクトはない	97%

本事業の効果について住民の意見のうち、主なものは以下のとおりであった。

- ・ 河川に鳥が戻ってきた。
- ・ 河川の臭いが軽減されたので、川辺で遊ぶことができる。
- ・ 水が透明になり、川底の水草や石が見られる。
- ・ 渭河の水を今では灌漑に利用することができる。
- ・ 国際モーターボート大会の 2007 年第 3 戦 (2007 年 10 月西安で開催) や世界園芸博覧会 (2011 年 4 月から 10 月まで浐灞地区で開催) は、河川の水質改善があったからこそ可能であった。
- ・ 漢城湖 (第 4 下水処理場の下流) の水質・臭いが改善し、観光地になった。
- ・ 排水管整備によって、大雨の際に下水があふれることがなくなった。排水管のつまりもなくなった。以前は大雨の後で地区内に悪臭が漂っていたが、今はない。蚊が減った。

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

第 3、第 4 下水処理場とも、中国「都市下水処理場汚染物質排出基準」(GB18918-2002) の「1 級 B」に対応しており、これに定められた出口水質測定項目 (COD、BOD5、SS 等計 12 項目⁵) を常時自動測定し、月 1 度西安市環境管理局に報告している (表 5 も参照のこと)。

本事業による自然環境へのインパクトは、前項に述べたもの以外には特に確認されない。下水処理場からの悪臭対策として、関係設備を密閉し、外部から隔離するため緑地帯を設けている。さらに、ポンプ場等に防音対策を施したり、緊急時にも汚水が大量に河川に流出しないようにするため十分な容積の貯水池を設ける等、環境汚染を防ぐ対策が取られている。

(2) 住民移転・用地取得

表 12 用地取得

処理場	取得用地	用地買収費用	住民移転	補償
第 3	22.52ha	46.08 百万元	なし	なし
第 4	58.77ha	61.92 百万元	なし	なし

出所：質問票回答

⁵ 測定項目は、COD、BOD5、SS、動植物油、石油類、陰イオン界面活性剤、窒素、アンモニア態窒素、全リン、色度、pH、糞大腸菌群数。

用地取得の手続きは、第3下水処理場については西安市国土灊橋分局が、第4処理場については未央分局が、計画に沿って所有者の合意を得た上で実施した。効率性（事業期間）の節で説明する通り、第4処理場建設予定地周辺機関から本事業実施の理解を得るための協議に時間がかかり、用地取得の決定が遅れたが、実施機関によれば土地所有者との交渉のプロセスに関しては特に問題は発生しなかった。なお、住民移転は発生しなかった。

(3) その他のインパクト

実施機関や住民意見によれば、国際モーターボート大会の2007年第3戦（2007年10月西安で開催）や世界園芸博覧会（2011年4月から10月まで灊灊地区で開催）は、河川の水質改善があったからこそ可能であった。博覧会会場では、場内の池・川や給水施設で水質の良い水を使うことができたとのことである。

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：①）

3.4.1 アウトプット

アウトプットは計画通りであった。

表 13 アウトプット

項目	計画・実績
A. 第3下水処理場 10万m ³ /日 オキシデーション・ディッチ法 (Orbal 法 ⁶) +再生水 5万m ³ /日	ポンプ場、1次沈殿池、生物反応池、 2次沈殿池、濾過器、汚泥処理施設等
B. 第4下水処理場 25万m ³ /日 A2O 法 ⁷	ポンプ場、1次沈殿池、曝気槽、2次 沈殿池等
C. 排水管網	総延長約 117.6km (17 区間)

出所：実施機関提供資料

⁶ Orbal 法はオキシデーション・ディッチ法の一つ。同心円状に配置された3つの槽が特徴であり、外側が曝気嫌気、中間が攪拌、内側がBODとアンモニアの除去を担う。

⁷ A2O (Anaerobic-Anoxic-Oxic System)：循環式嫌気好気法。循環式活性汚泥法の一つ。



第3下水処理場（Orbal 法）



第3下水処理場モニタリング室

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

事業費は計画を上回った。審査時に積算された総事業費は 14,990 百万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ総額 9,764 百万円、残りは西安市人民政府の支出と、国家開発銀行からの借入金で賄われる予定）であった。実績は 18,156 百万円（内、円借款は外貨分全額の 8,917 百万円、残りは西安市人民政府の支出と、国家開発銀行からの借入金）であり、円建てでは計画比 121%、現地通貨建てでは計画費 136%であった。事業費の増加の原因は、下の「事業期間」の項で述べる事業の進捗の遅れの際に原材料価格が高騰したことであった。2006 年から 2008 年の間、鋼材価格の年平均上昇率は最大 62%、セメントは 19%であった。第3下水処理場（2006 年 12 月完成）と第4下水処理場（2008 年 10 月完成）の土木工事（内貨部分）に大きく影響した。

表 14 事業費

	計画					実績				
	外貨	内貨		合計		外貨	内貨		合計	
	百万円	百万元	百万元	百万元	百万円	百万円	百万元	百万元	百万元	百万円
第3下水処理場	1,965	33	500	164	2,465	1,427	119	1,591	226	3,018
第4下水処理場	3,222	44	653	258	3,875	3,626	226	3,021	497	6,648
排水管網	3,775	252	3,775	503	7,550	3,864	346	4,626	635	8,490
小計	8,962	329	4,928	925	13,890	-	-	-	-	-
物価上昇費	337	3	49	26	386	-	-	-	-	-
予備費	465	17	249	48	714	-	-	-	-	-
合計	9,764	348	5,226	999	14,990	8,917	691	9,239	1,358	18,156

出所：JICA 審査時資料、実施機関提供資料、質問票回答

為替レート：計画時 1 元=15 円。事後評価時 1 元=13.37 円（貸付期間中の平均）



第 4 下水処理場



第 4 下水処理場

3.4.2.2 事業期間

事業期間は計画を大幅に上回った。審査時に計画された 2002 年 3 月（L/A 調印月）より 2006 年 4 月（処理施設の検査完了）の 50 ヶ月に対して、実績は 2002 年 3 月（L/A 調印月）より 2008 年 10 月（処理施設の検査完了）の 80 ヶ月であり、計画比 160% であった。

これは、第 3、第 4 下水処理場の建設開始が予定より遅れたためであった。計画では 2003 年 6 月に着工することになっていたが、2003 年の SARS 流行のために事業が中断し、着工は 2004 年に延期された。結果として、第 3 処理場は 2004 年 10 月に着工し、2006 年 12 月に完成した。第 4 処理場は 2006 年 12 月に着工し 2008 年 10 月に完成した。第 4 処理場の着工が大幅に遅れた理由は、2004 年 3 月に用地取得計画の事前審査要請を国土資源部に提出した後で、西安市の新しい都市計画が実施され、第 4 処理場建設予定地周辺で教育施設や経済開発区の建設が急速に進み、下水処理場への理解が乏しかったそれら機関との協議に時間を要したことであった。西安市政府と国土資源部との協議も繰り返し行われ、2005 年 9 月に用地取得計画は承認されたものの、周辺機関の同意が得られなかった場合に備えて代替地の選定作業も同時に行われた。最終的に元の建設予定地に対して周辺機関の同意が得られ、これに続いて用地取得に関係する一連のプロセスは 2006 年 11 月に完了した。第 4 下水処理場の計画が先に決まっていたことから、新しい都市計画の中では第 4 下水処理場と周辺機関の共存が想定されており、周辺機関が下水処理場建設に反対することを西安市政府は予期していなかったと思われる。建設予定地周辺の急速な発展及び周辺機関からの反対による進捗遅れは、実施機関側にとっては想定外の事態であり、やむを得なかったと判断する。周辺機関との協議に時間をかけ合意を得たことは、第 4 下水処理場の順調な運営のために必要なプロセスであったと考える。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

審査時の財務的内部収益率（FIRR）と経済的内部収益率（EIRR）を表 15 に示す。便益は料金収入（下水処理場に関し）と間接的利益（EIRR 計算に関し）、費用は建設費と維持管理費であり、プロジェクトライフは下水処理場 23 年（建設期間 3 年含む）

で排水管網 25 年（建設期間 4 年含む）として計算されていた。

表 15 審査時の内部収益率

	FIRR	EIRR
第 3 下水処理場	5.2%	16.12%
第 4 下水処理場	5.0%	17.17%
排水管網	算出されず	15.67%

出所：審査時資料

事後評価時の FIRR と EIRR は計算できなかった。事前評価時の計算方法が明らかでなく、事後評価時点での各種数値を使つての試算も困難なためである。

以上より、本事業は事業費が計画を若干上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業で整備された施設の運営・維持管理は、計画通り、第 3、第 4 下水処理場については西安市污水处理有限责任公司（西安市政府が 100% 出資の国営企業）が、排水管網については西安市市政公用局（市のインフラ維持管理担当部署）が担当している。西安市污水处理有限责任公司は本事業で整備した第 3 処理場（15 万 m³/日）と第 4 処理場（25 万 m³/日）の他に、第 5 処理場（20 万 m³/日）の運営・維持管理も行っている。2011 年に完成済みで現在試運転中の第 10 処理場（4 万 m³/日）と、2012 年 7 月に完成予定の第 6 処理場（10 万 m³/日）も同社が運営・維持管理を担当する予定である。同社が運営する現在稼働中の下水処理場の処理能力は合計 60 万 m³/日となり、これは西安市街区全体の下水処理能力 118 万 m³/日の半分以上を占める。前述の表 2 で示す通り西安市街区には現在 12 の下水処理場がある。運営・維持管理担当機関の中で、北京桑德集団（第 9 下水処理場を運営）は民営であるが、他は全て国営企業である。

3.5.2 運営・維持管理の技術

西安市污水处理有限责任公司は、高級技術者 35 名、一般技術者 56 名、熟練工 237 名を有する。西安市市政公用局の職員の中には、インフラ維持管理を担当する専門技術職が 150 名いる。それぞれが担当する下水処理場と排水管が良好に運営されていることから判断し、維持管理を行うのに十分な技術職員数及び技術力を有しているといえる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

西安市污水处理有限责任公司をはじめ西安市の下水処理会社の収入源は、西安市政府から支払われる下水処理料金である⁸。市政府が市民から徴収する下水道料金と、市

⁸ 各下水処理場から西安市政府に自動的に送信される下水処理量実績データに基づき、処理料金単価 0.8 元/m³で計算される。なお、この下水処理料金の財源は市民から徴収する上下水道料金（西安市では下

政府から下水処理会社に支払われる下水処理料金は直接は連動しておらず、西安市污水处理有限责任公司を含め西安市の下水処理会社は、独自の財源ではなく、全額西安市政府から配布される下水処理料金で運営されている。西安市の上下水道料金は表 16 の通りである。

表 16 西安市水道料金（2008 年 9 月改定）

（単位：元/m³）

	上下水道料金		下水処理費	合計
	基本料金	水資源費		
住宅用	1.95	0.30	0.65	2.90
工業	2.25	0.30	0.90	3.45
行政	2.65	0.30	0.90	3.85
サービス	3.10	0.30	0.90	4.30
特殊	15.80	0.30	0.90	17.00

（注）「特殊」カテゴリーは、洗車、美容・理容、浴場、プール等。

出所：質問票回答

西安市污水处理有限责任公司的財務状況は表 17 で示す通り、自己資本比率は 2011 年に 58.2%、低い年でも 56%あり、一般的な基準で見ると財務状態は良好であるといえるが、一方で同社はほぼ毎年営業損失を出している。同社によれば、人件費の上昇等のために運営維持管理費が上がっているにもかかわらず、西安市から支払われる下水処理単価（0.8 元/m³）が据え置かれているため、西安の国営下水処理会社はどこも赤字とのことである。また、同社の下水処理場建設・拡張期に発生した流動負債が売上原価に計上されていることも、営業損失発生の一因となっている。他方、仮に 2006 年以降の営業損失分を補うため借入をした場合でも、資産負債率 47.2%⁹（自己資本率 52.8%）となり、自己資本率は依然高い。さらに西安市政府は、2012 年内の下水処理単価の引き上げ¹⁰を決定しているため、これによる増収で 2012 年からは同社に営業利益が発生する見込みである¹¹。他にも財務状況改善の要因として、下水処理場の処理能力増加によって下水処理量が増加し収入増が見込まれること、下水処理場の設備が「都市下水処理場汚染物質排出基準」1 級 A 対応にアップグレードされることによって処理水の水質が改善され、さらには再生水処理コストの低下が見込まれること等が挙げられる。これらのことから、同社の財務面に大きな問題は見当たらない。

水道料金は上水道料金と一括して徴収される）であり、市政府の下水道用の特定財源として管理されている。

⁹ 負債が 648.8 百万元（596.3+52.5）、総資産が 1,375.53 百万元（1,428.03-52.5）となる。

¹⁰ 西安市政府によると、これまでの 0.8 元/m³から 1.0 元/m³に引き上げられる。

¹¹ 仮に 2011 年の数字を使って計算すると、総収入 151.95 百万元÷0.8 元/m³=処理量 189.93 百万 m³に対し、単価が 0.2 元引き上げられることで、189.93 x 0.2=37.99 百万元の増収になる。2011 年の営業損失（-4.94 百万元）をカバーし、黒字となる計算である。

表 17 西安市污水处理有限责任公司 財務状況

(単位：百万元)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
年間売上高（総収入）	36.63	67.00	58.42	54.01	90.55	151.95
売上原価	5.18	5.46	5.56	7.57	9.63	10.35
運営維持管理費	53.36	67.91	50.96	49.34	97.30	146.54
営業利益	-21.91	-6.37	1.90	-2.9	-16.38	-4.94
総資産	545.74	596.35	387.36	843.45	882.51	1,428.03
流動資産	24.50	35.83	65.62	96.94	82.34	141.82
固定資産	521.24	560.52	321.74	746.51	800.17	1,286.20
流動負債	67.83	138.67	134.53	310.00	328.76	531.01
資本金	436.01	431.12	218.74	497.21	513.16	831.72
負債	109.73	165.23	168.62	346.24	369.35	596.30
自己資本比率 (資産負債率)	79.9% (20.1%)	72.3% (27.7%)	56.5% (43.5%)	58.9% (41.1%)	58.1% (41.9%)	58.2% (41.8%)

出所：質問票回答、実施機関提供資料

一方、西安市市政公用局のインフラ維持管理費用は 2010 年に 470 百万元、2011 年に 570 百万元であり、そのうち排水管の分は約 8%と見積もられるとのことで、それぞれ 38 百万元、46 百万元となる。公用局によれば、排水管の維持管理費用としてこれは十分と考えられるとのことである。

3.5.4 運営・維持管理の状況

下水処理場では維持管理の年間計画を作成し、それに沿って作業をしている。現地視察では、設備・機材の状態は良好で、問題は特に見受けられなかった。

排水管についても、西安市市政公用局が維持管理の年間計画を作成し、それに沿って作業している。経年劣化については敷設年次等から判断して補修を行い、自然災害や事故による突発的なダメージについては都度補修を行い、第三者によって発生した損害については賠償を要求している。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、西安市の第 3、第 4 下水処理場と排水管網を整備し、下水処理能力の拡張を図り、さらに河川の水質と生活環境の改善に寄与することを目的としていた。本事業の実施は中国の開発政策、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。本事業は、西安市の下水処理能力の拡張に関して計画通りの効果発現が見られ、市内河川の水質改善に関しても、本事業が部分的に寄与したものと推定できるため、有効性・インパクトは高い。ただし、事業費・事業期間はともに計画を上回ったため、効率性は低い。維持管理体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は高い。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

河川の水質改善が本事業の目的に含まれていたが、審査時資料においては、第 4 下水処理場に関する渭河の水質の基準値・目標値は設定されていたものの、測定地点は明記されていなかった。第 3 処理場に関する浐河については基準値・目標値ともに設定されていなかった。従って、事後評価時に特定地点の水質データを審査時の基準値・目標値と比較することはできなかった。下水処理場建設事業の事前審査時には、河川の水質測定地点について、実施機関と合意する必要がある。

市内河川の水質データ上では、本事業の下水処理場建設による効果が明確には現れていなかった。水質測定地点の地理的条件や、本事業で建設された下水処理場でカバーされない汚染源からの汚水の流入の影響が大きいため、河川の水質改善について少なくともデータ上は下水処理場の効果は限定的である。他都市での下水処理施設整備事業の事後評価でも同様の事象が指摘されている。下水処理場の効果が示される範囲で、水質測定地点や目標値を設定すべきである。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット	第3下水処理場 10万 m³/日 オキシデーション・ディッチ法（Orbal法）＋再生水5万 m³/日：ポンプ場、1次沈殿池、生物反応池、2次沈殿池、濾過器、汚泥処理施設等 第4下水処理場 25万 m³/日 A2O法：ポンプ場、1次沈殿池、曝気槽、2次沈殿池等 排水管網：総延長約117.6km（17区間）	計画どおり。 第3下水処理場 10万 m³/日 オキシデーション・ディッチ法（Orbal法）＋再生水5万 m³/日：ポンプ場、1次沈殿池、生物反応池、2次沈殿池、濾過器、汚泥処理施設等 第4下水処理場 25万 m³/日 A2O法：ポンプ場、1次沈殿池、曝気槽、2次沈殿池等 排水管網：総延長約117.6km（17区間）
② 期間	2002年3月～2006年4月 （50ヶ月）	2002年3月～2008年10月 （80ヶ月）
③ 事業費		
外貨	9,764百万円	8,917百万円
内貨	5,226百万円	9,239百万円
	（現地通貨）348百万円	（現地通貨）691百万円
合計	14,990百万円	18,156百万円
うち円借款分	9,764百万円	8,917百万円
換算レート	1円＝15円	1円＝13.37円
	（2001年9月現在）	（2002年3月～2010年1月平均）

以上

0. 要旨

本事業は、太原鋼鉄製鉄所において、クリーナープロダクション（CP）技術の導入、汚染物質処理設備の導入、エネルギーの効率利用を行うことにより、大気汚染、水質汚染、産業廃棄物による汚染等の環境改善を図り、もって太原市住民の生活環境の向上に寄与することを目的としていた。妥当性については、本事業の実施は中国及び山西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致している。また、本事業の目的である、大気汚染、水質汚染等の環境改善を図るという面で、概ね計画どおりの効果の発現が見られ、かつ、太原市住民の生活環境の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。しかしながら、効率性については、事業費は計画を下回ったが、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。本事業の持続性については、維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



高炉ガスコンバインドサイクル発電
設備（運転管理センター）

1.1 事業の背景

本事業審査時（2001年）、中国は主たるエネルギー源である石炭の燃焼による二酸化硫黄（SO₂）、総浮遊粒子物質（TSP）、自動車からの排出を含む窒素酸化物（NO_x）等による大気汚染が深刻であった。また、都市部下水処理率は34.3%と低く、水質汚染も深刻な状況であった。さらに、経済成長に伴い、産業廃棄物も増加し続け、膨大な土地占有、河川・地下水への悪影響等も懸念されていた。

本事業対象地の山西省は石炭省と言われるほど石炭が豊富であり、それを活用した重工業が盛んな地域である。山西省の省都である太原市は重工業都市として発展してきたが、各企業の設備更新が遅れたこともあり、大気汚染状況は悪化の一途をたどっていた。1998

年には、世界保健機構（WHO）による世界で最も大気汚染の深刻な 10 都市に位置づけられた。さらに中国国内でも、国が定める各環境基準値に基づく総合評価（1999 年）において、全国 91 都市中、ワースト 1 位とランクされ、早急な大気汚染環境改善が求められていた。水質汚染についても、2000 年時点で太原市を縦断する汾河^{ふんが}22 箇所のモニタリング地点のうち、飲料水源として使用可能な基準をクリアしたのは 1 箇所のみで、生活排水対策も緊急課題とされていた。

産業廃棄物発生量も多く、2000 年における省全体の発生総量は全国第 2 位であった。産業廃棄物の大半は、埋め立てや、再利用されていたが、適切に処理されず投棄されたものもあり、環境汚染が懸念されていた。審査当時、再利用率も若干低下の傾向にあり、増え続ける産業廃棄物に対しても、適切に対処する方策が求められていた。

1.2 事業概要

太原鋼鉄製鉄所において、クリーナープロダクション（CP）技術の導入、汚染物質処理設備の導入、エネルギーの効率利用を行うことにより、大気汚染、水質汚染、産業廃棄物による汚染等の環境改善を図り、もって太原市住民の生活環境の向上に寄与する。

本事業位置図を図 1 に示す。



図 1 事業位置図

円借款承諾額／実行額	14,144 百万円／13,994 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 3 月／2002 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年） 一般アンタイド（本体分） 二国間タイド（コンサルタント分）
借入人／実施機関	中華人民共和国政府/ 山西省人民政府
貸付完了	2009 年 10 月
本体契約	Sinosteel Equipment & Engineering Company（中国）/ 丸紅／新日本製鐵、Acre Coking & Refractory Engineering Consulting Corporation（中国）/スチール プランティク/神鋼商事、Hangzhou Steam Turbine Co., Ltd.（中国）/丸紅/三菱重工業、China CMIIC Engineering Corp.（中国）、China National Heavy Machinery Corp.（中国）
コンサルタント契約	—
関連調査等（フィージビリティ・スタディ： F/S）（if any）	太原鋼鉄有限公司設計院による F/S（2001 年）
関連事業（if any）	なし

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

川畑安弘（三州技術コンサルタント株式会社）

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 9 日～10 月 22 日、2012 年 2 月 14 日～2 月 24 日

3. 評価結果（レーティング：A¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

中国第 9 次 5 ヶ年環境保護計画（1996-2000）では、2000 年に SO₂、煤塵、COD 等、主要な汚染物質の総排出量を 1995 年レベル〔SO₂（23.7 百万トン）、煤塵（17.44 百万トン）、COD（22.33 百万トン）〕までに削減するという総量規制目標を掲げ、工業汚染対策、下水道・都市ガス等、都市環境基盤整備に取り組むとしていた。また、第 10 次 5 ヶ年環境保護計画（2001-2005）においては、さらなる環境改善を図るため、主要汚染物質の総排出量を 2000 年比 10%削減することを目標としていた。これを踏まえ、冶金工業第 10 次 5 ヶ年計画においては、太原鋼鉄集团有限公司を含むモデル 14 企業で

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

のクリーナープロダクション（CD）実施が計画されていた。また、山西省太原市 10 次 5 ヶ年計画（2001-2005）においては、1)石炭燃焼型汚染の抑制、2)工業汚染源対策の強化、3)飲料水源の保護、4)汾河の太原地点での水質改善、5)産業廃棄物汚染対策の強化を含む環境改善プログラムが策定されていた。

一方、現中国第 12 次 5 ヶ年環境保護計画（2011-2015）において、その主目標は、主汚染物質の排出削減を図り、国内の環境が明らかに改善されることである。そのため、COD、SO₂については、対 2010 年比 8%減、アンモニア窒素、NO_x については 10%減を目標としており、その達成のため、1)排出総量削減をさらに進める、2)環境改善対策を強化する、3)環境リスクを低減する、4)環境問題に対処する基本的公共サービスを改善する、等の戦略を策定している。山西省太原市 11 次 5 ヶ年計画（2006-2010）においては、経済成長方策を転換するとともに、資源保護に取り組み、環境に優しい都市作りを目指すとしている。そのため、太原市第 11 次 5 ヶ年環境保護計画（2006-2010）においては、1)環境汚染状況の悪化抑制、2)資源有効利用の促進、3)汚染物質総排出量の削減、4)生態系/環境状況の改善等が掲げられていた。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業審査当時、山西省は国内におけるエネルギー産業、重工業及び科学工業の重要基地であるとともに、石炭、冶金、機械、化学、電力産業等の国内有数の拠点であったが、老朽化した設備が使用されていることにより、環境汚染は深刻化、中でも省都である太原市は山西省内で環境汚染がもっとも著しい状況にあった。特に、山西省最大の汚染物質排出企業である太原鋼鉄製鉄所³が有効な公害対策無しに増産を続ければ、省内の環境がさらに悪化することが必至であった。そのため、大気環境改善、生活排水対策、及び産業廃棄物の適切な処理は緊急に対応すべき課題とされていた。

山西省太原市 11 次 5 ヶ年計画（2006-2010）においては、引き続き大気汚染の改善を図るべく「青空行動計画」を実行し、汚染物質を大量に排出する企業の移転、改善、閉鎖を進めるとしている。また、移転の難しい大企業については汚染源の抑制改善を指導するとしている。水質保護については、水源の水質保護を強化するとともに、下水の再利用率を高め、工業/生活廃水の河川への排水を禁止することにしている。また、産業廃棄物の再利用率も高め、2010 年までにその率を 95%までに達成する必要があるとしている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

外務省が定める国別援助方針にあたる対中経済協力計画（2001 年）では、「汚染や破壊が深刻化している環境や生態系の保全、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度策定、技術移転等を中心とする分野の優先」が方針として策定された。さらに、「環境問題等、地球規模の問題に対処するための援助協力」が重点分野の最重要課題とされていた。

³ 従業員数 72,000 人の大規模国有企業で、中国最大のステンレス鋼板及び電磁鋼メーカー

以上より、本事業の実施は中国及び山西省の開発政策、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⁴（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) 太原鋼鉄製鉄所の汚染物質排出量等

本事業完成後の太原鋼鉄製鉄所の汚染物質排出量等（本事業範囲のみ）を表 1 に示す。

表 1 太原鋼鉄製鉄所の汚染物質排出量等（本事業範囲のみ）

指標	単位	2000 基準年	2007	2008	2009	2010
SO ₂ （二酸化硫黄）	ton/年	3,048	2,500 (250)	303	245	240
煤塵	ton/年	1,124	650 (166)	161	160	156
H ₂ S（硫化水素）	ton/年	23.3	23.3 (0)	23.3	0	0
HCN（青酸ガス）	ton/年	10.4	10.4 (0)	10.4	0	0
石炭使用量削減	千 ton/年	-	- (239.6) ⁵	60.8	193.9	279.8
COD（化学的酸素要求量）	ton/年	4,525	200 (110)	75	0	0
油	ton/年	70	2.8 (3.7)	1.2	0	0
SS（浮遊物質）	ton/年	2,309	50 (36.5)	0	0	0
BOD（生物化学的酸素要求量）	ton/年	1,118	- (36.5)	13	0	0
NH ₃ N（アンモニア性窒素）	ton/年	406	20 (9.1)	4	0	0
スラグリサイクル量	千 ton/年	-	- (500) ⁶	1,450	1,515	1,550

出典：質問票への回答

注 1：（ ）内数字は計画段階での予測値（目標値）

SO₂（二酸化硫黄）排出量は、2000 年（基準年）から 2007 年までに若干低減し、本事業完成後（2008 年）激減した。2010 年時点での排出量は事業完成後の予測排出量（250 トン/年）以下の 240 トン/年（2000 年実績の約 8%）まで減少している。煤塵についても、本事業完成後、激減し、2010 年時点での排出量は事業実施後の予測排出量（166 トン/年）以下の 156 トン/年（2000 年実績の 14%）まで減少している。硫化水素、青酸ガス、COD、油、浮遊物質、BOD、アンモニア性窒素については、事業完成後、殆ど排出されていない。

⁴ 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。

⁵ 事業開始後、数設備の仕様の見直し（詳細は 3.4.1. アウトプットに記載）があり、削減量に変更されたが、これらの設備がどのように、削減に影響したのか不明なため、完成後の計画値は審査時の計画値をそのまま使用。

⁶ 計画リサイクル量に関しても、事業開始後の仕様の見直しにより、スラグ処理能力が約 3 倍に増強されたため、リサイクル量も当初予定（50 万トン）の 3 倍、約 150 万トンを計画リサイクル量と仮定した。

石炭使用量については、事業完成直後⁷（2009 年）の削減量は 19 万トンに留まったが、2010 年には、計画削減量（約 24 万トン）を超え、約 28 万トンまで増加している。

また、事業実施前、鉄溶融後の屑であるスラグは破碎処理せず、そのまま処分されていたが、本事業で処理施設を導入することで、スラグを土木資材として再利用することが可能となり、効果発現後（スラグ処理施設は 2007 年 12 月に完成）の 2008 年にはほぼ計画（約 150 万トン）通りの 145 万トン、現時点（2010）で 155 万トンが土木資材等としてリサイクルされている。

(2) 太原市の環境指標

本事業完成後の太原市環境の改善状況を表 2 に示す。

表 2 太原市環境の改善状況（都市部の総排出量）

指標	単位	2000 年 基準年	2007	2008	2009	2010
SO ₂ (二酸化硫黄)	Ton/年	198,226	106,650 (67,000)	100,089	90,487	94,233
	mg/N m ³	0.200	0.077 (0.06)	0.073	0.059	0.056
TSP/PM10 (粒子状物質)	mg/N m ³	0.401	0.124 (0.1)	0.094	0.091	0.089

出典：PCR、質問票への回答、太原統計年鑑 2008-2011

注 1：（ ）内数字は計画時点での予測値

注 2：2001 年以降、太原市での空中浮遊物質モニタリング指標は TSP から PM10 に変更

2008 年には、太原市の他主要企業の環境改善対策の成果と併せて SO₂量はトン単位で事業実施前（2000 年）の約 50%、mg/N m³単位で約 63%減少している。また、2010 年時点での排出量は基準年の排出量より 52%（トン単位）減少している。太原市の GDP が 2010 時点で、対 2008 年比、約 17%上昇し、工業生産量も増加したにも係らず、SO₂量はほぼ一定している。なお、2000 年（基準年）では、太原鋼鉄製鉄所から排出される SO₂量は太原市全体で排出される SO₂量の約 1.54%を占めていたが、2010 年時点では、約 0.25%まで減少している。TSP/PM10（粒子状物質）については、太原市の大気汚染対策が功を奏し、2010 年時点で対事業実施前（2000 年）の数値の 78%減少している。

3.2.2 定性的効果

(1) 大気汚染、水質汚染等の環境改善

また、事後評価においては、事業対象地区において、インタビュー形式による受益者調査を行った。回答者数は 100 人、回答者の性別による比率は女性 50%、男性 50%である。主な調査結果は次のとおりである。大気質の改善については、調査回答者のほぼ全員が事業完成（2008 年 12 月）後、改善したと回答している。改善の程度については 44%の人が「大きく改善した」、55%が「やや改善した」と認識している。また、汾河の水質については、調査回答者全員が事業完成後、改善したと回答している。改善の程度につ

⁷ 審査時の事業完成予定年は 2006 年 12 月であったが、工事が遅れたため 2008 年 12 月まで延長された。詳細は 3.4.2.2 事業期間に記載

いては49%の人が「大きく改善した」、51%が「やや改善した」と認識している。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 都市/生活環境の改善

上述のように、太原鋼鉄は同市における主要汚染源企業の一つであった。したがって、太原鋼鉄の環境改善を目的とした本事業の実施は太原市の環境改善に大きく寄与するものと想定されていた。事業実施前後の同市における環境の変化を表3に示す。

表3 事業実施前後の同市における環境の変化

指標	2007	2008	2009	2010
工業排水放出量 (百万トン/年)	31.04	26.25	24.83	25.57
工業粉塵排出量 (千トン/年)	35.97	32.35	30.46	27.85
工業固体廃物生産量 (百万トン/年)	26.39	25.32	24.10	25.54
工業固体廃物排出量 (百万トン/年)	0.45	0.19	0.09	0.08
太原市 GDP (億元) および伸び率	1,291	1,526 (18.2%)	1,545 (1.2%)	1,778 (15.0%)

出典：太原統計年鑑 2008-2011

GDPについては、2009年度はリーマンショックによる経済危機により対前年比、ほぼ横ばいになっており、各指標も微減になっている。しかしながら、事業完成前 2007年の指標を 2010 年の指標と比較してみると、GDP は約 38%増加したにも関わらず、本事業の貢献もあり、各指標は減少（特に粉塵排出量は大幅に減少）しており、太原市の環境対策への取り組みの成果が明確になっている。

受益者調査による生活環境改善に関する住民の認識状況を表4及び表5に示す。

表4 生活環境（大気質）の改善に関する住民の認識

大気質改善による効果（複数回答）	%
粉塵による衣類の汚れの低減	91
せきや目の痛みの低減	91
洗濯物の戸外での乾燥が可能	98
粉塵防護のためのマスク及びサングラス使用が不要となった	74

表5 生活環境（水質）の改善に関する住民の認識

水質（汾河）の改善（複数回答）	%
濁度が改善された	100
以前より臭わなくなった	98
魚釣りが可能となった	98
農業用水として使用可能となった	97
河沿岸の景観が改善された	100

太原市の生活環境（大気質、水質）の改善は、本事業による効果だけによるものではないが、同市の重点汚染源企業であった同製鉄所の環境改善は、本事業完成後、同市の生活環境（大気質、水質）が「大きく改善した」（36%）、「やや改善した」（64%）と

いう調査結果からも、本事業の貢献が認識されている。

本事業に対する総合的評価としては、受益者調査回答者 15%が非常に満足、85%の人が、やや満足と回答している。これらの結果から、一般市民も、都市/生活環境の改善効果を認めていることが確認できた。

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

本事業から発生した建設廃材は太原鋼鉄所内の特別処理場に運搬され、適切に処分されている。また、現在、太原鋼鉄（現山西太鋼ステンレス鋼公司）環境保護局（職員数 50 名）が場内 87 箇所の噴出口及び 4 箇所の排水口で数値を自動計測モニターしており、それぞれが排出基準内と報告されている。また、そのモニタリング結果は太原市環境保護局に報告されているが、特に問題は指摘されていない。

(2) 住民移転・用地取得

本事業は製鉄所敷地内の各施設/設備の改善・改良であり、新たな用地取得は生じていない。ただし、実施機関からのヒアリングによると、下水処理施設計画用地内に社員 2 世帯が居住していたため、移転補償料について、時間を掛けて交渉を行い、完全な合意後に工事に着手している。

以上より、本事業の実施により概ね計画どお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（計画及び実績）を表 6 に示す。

(1) 太原鋼鉄製鉄所の汚染対策設備の整備/対策

表 6 アウトプット比較（計画/実績）

項目	当 初 計 画	実 績
1. コークス乾式消火設備	コークス炉 (No. 5, No.6) 2 基への CDQ 設備設置 (処理能力 110 t/時)	コークス炉 1 基 (No.7) への CDQ 設備設置 (処理能力 150 t/時)
2. コークス炉ガス処理設備	脱硫設備の設置 (処理能力 63,000 m ³ /時) 真空炭酸塩/クlaus方式	脱硫設備処理能力を 130,000 m ³ /時へ増強するとともに処理方法 (MEA 脱硫/硫黄酸回収方式) の変更
3. 高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	コンバインドサイクル発電設備の建設 (出力 81.4MW)	コンバインドサイクル発電設備の出力を 51.6MW に変更
4. 高炉炉頂圧発電設備	第三高炉への発電設備設置 (出力約 6MW)	第三高炉への発電設備設置 (出力) を 12MW へ変更
5. 電炉環境改善対策	集塵機付電炉建設 (容量約 90t) 旧式小型電炉 6 基の廃棄	計画どおり
6. スラグ処理設備	スラグ処理設備の設置: 年間処理能力、約 380,000t (普通鋼)、120,000t (ステンレス)	スラグ処理設備の設置: 年間処理能力、約 920,000t (普通鋼)、760,000t (ステンレス)
7. 下水処理設備	居住区の下水を活性汚泥で処理する設備の設置 (処理能力: 50,000 m ³ /日)	計画どおり

出典: PCR、質問票への回答

CDQ: Coke Dry Quenching

本事業下の汚染対策設備は建設/設置されたが、仕様に関して一部変更が生じた。主なアウトプットの変更点は次のとおりである。

- 1) コークス乾式消火設備：当初 No.5 及び No.6 炉への設置を予定していたが、両炉が廃棄処分（処分決定は 2005 年 9 月）されたため、新設の No.7 炉へ設置。処理能力も当初の 110 t/時から 150 t/時へ増強。もう一つの新設炉 No.8 炉の設備は自己資金で設置。
- 2) 当初予定の処理方式では No. 7 及び 8 炉の処理能力に対応出来ないため、脱硫設備処理能力を 130,000 m³/時へ増強するとともに処理方法も変更。
- 3) 当初予定の出力 81.4MW に対応する発電機器が既成品で無かったため、51.6MW の機器調達に変更。
- 4) 高炉の容積を 1,200 m³から 1,800 m³へ増量したため、タービンの規格を高め、発電出力も 12MW へ増強。
- 5) 鋼材生産量を増加させたため、スラグ量も増加、それに伴い、スラグ処理能力の増強も必要となった。スラグ処理設備の年間処理能力を普通鋼は約 920,000t へ、ステンレスは 760,000t へ増強。

借款契約調印後（2003 年）、将来需要予測に基づく生産能力向上の必要性が検討された。その結果、さらに生産能力を高める必要があると判断され、一部項目について、設計変更が行われた。この変更は技術革新に迅速に対応すべき企業にとっては必要な事であり、変更は妥当なものと考えられる。

(2) コンサルティングサービス

当初計画のコンサルティングサービスは、コークス乾式消火設備（5M/M）、コークス炉ガス処理設備（6M/M）、高炉炉頂圧発電設備（10M/M）、電炉環境改善対策（9M/M）に係る業務でインプットは合計 30M/M と見込まれていた。また、業務内容は、入札補助、詳細設計レビュー、施工管理補助及び環境配慮（環境改善効果のチェック）であった。ただし、実際のインプットはコークス炉ガス処理設備（6M/M）に関する業務に対して、有資格のコンサルタントが、関心表明を提出しなかったため実施されなかった（合計 24M/M）。



電炉環境改善対策



コークス炉ガス処理設備（脱硫設備）

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

審査時に積算された総事業費は 234 億 300 万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ、総額 141 億 4,400 万円、残りは太原鋼鉄負担）であった。事業実施中に仕様の見直しがあり、計画総事業費は 260 億 7,200 万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ、総額 141 億 4,400 万円、残りは太原鋼鉄負担）となった。実績は 257 億 3,400 万円（内、円借款は 139 億 9,500 万円、残りは太原鋼鉄負担）であり、修正された仕様に基づく計画事業費に対する総事業比実績は計画比 98.7%であり、計画を下回った。

表 7 事業費比較（計画値/実績値）

項 目	計画値					実績値				
	外貨	内貨		合計		外貨	内貨		合計	
	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円
コークス乾式消火設備	1,722	41	618	156 (373)	2,340 (5,140)	1,945	243.78	3,604	375.39	5,549
コークス炉ガス処理設備	495	46	696	79 (194)	1,191 (2,673)	1,749	47.5	702	165.81	2,451
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	5,897	76	1,145	469	7,042	4,971	105.4	1,558	441.69	6,529
高炉頂圧電設備	635	13	201	56	836	285	7.96	118	27.26	403
電炉環境改善対策	3,171	183	2,746	394	5,917	3,623	243	3,592	488.09	7,215
スラグ処理設備	524	22	326	57	850	955	97.9	1,447	162.49	2,402
下水処理設備	437	28	413	57	850	385	48.6	718	74.62	1,103
税金・管理費等	0	174	2,608	174	2,608	14	-	-	0.95	14
コンサルティングサービス	104	0	0	7	104	68	-	-	4.60	68
物価上昇費	492	5	78	38	570	-	-	-	-	-
予備費	667	29	428	73	1,095	-	-	-	-	-
合計	14,144	617	9,259	1,560 (1,892)	23,403 (26,072)	13,995	794.14	11,739	1740.90	25,734

出典：審査資料、PCR、質問票への回答

注 1：審査時の為替レート：1 元=15 円、評価時点での為替レート：1 元=14.782 円（2004 年 7 月-2009 年 3 月の単純平均）

注 2：評価時点での税金、管理費、予備費等は各項目事業費に含まれている。

注 3：コークス乾式消火設備及びコークス炉ガス処理設備については、正式な手続きを経て仕様の変更が認められたため、再見積もりされた新たな計画値を設定（カッコ内数字）。なお、再見積もり時点（2005 年 9 月）での為替レートは 1 元=13.78 円

当初計画に対する事業費の主な増加/減少理由は次のとおりである。

- 1) コークス乾式消火設備の乾式消火プラントの処能力を 110 t/時から 150 t/時に増強したことにより、ヒートボイラー及びジェネレーターのパフォーマンスもアップさせたことによる工費の増加。ただし、修正計画値に対する実績値はほぼ計画どおりである。
- 2) コークス炉ガス処理設備の脱硫設備処理能力を 130,000 m³/時へ増強するとともに処理方法も変更。ただし、修正計画値に対する実績値は計画を下回った。
- 3) 高炉ガスコンバインドサイクル発電設備の出力を低減して建設したことによる工費の低減。
- 4) 高炉頂圧発電設備の工費積算については、計画時点で、機材は輸入品を想定してい

たが、実際に落札した業者が国産品を納入したことにより、工費削減となった。

- 5) 電炉環境改善対策については、最新式の機材（輸入品）を調達したこと及び当初、屋根だけ設置する計画であった電炉施設に、建物を建設したことにより、工費増加となった。
- 6) スラグ処理設備については、工期の遅延と処理能力増強により、工費の増加となった。
- 7) 下水処理設備については、鋼材及びセメント等の資材価格が上昇したため、内貨で賄う土木/据付工事費が増加。

3.4.2.2 事業期間

事業実施期間は、計画を上回った。審査時に計画された 2002 年 3 月（L/A 調印月）より 2006 年 12 月（工事完成）の 58 ヶ月に対して、実績は 2002 年 12 月（L/A 調印月）より 2008 年 12 月（工事完成）の 82 ヶ月であり、計画比 141%であった。

事業期間延長の主な理由は次のとおりである。

- 1) 実施機関担当者が JICA の調達手順/手続きに不慣れだったことと、LA 締結後の国内手続きに時間を要したことで、一部サブプロジェクトに関して、事業実施が当初予定より、約 2 年の遅れが生じた。
- 2) コークス乾式消火設備に関して、事業内容の変更、設計のやり直し/変更が発生した。（No.5 及び No.6 炉の廃棄、No.7 及び No.8 炉の新設）。
- 3) コークス炉ガス処理設備については、当初、1 パッケージで国際入札（ICB）を実施したが、入札が不調に終わったため、2 パッケージは随意契約、1 件は ICB で再入札を実施したため、工期の遅延を招いた。
- 4) 高炉ガスコンバインドサイクル発電設備に関しては、ガスタービン量とガス排出炉容量との整合を図るための技術的な再検討に時間を要した。
- 5) スラグ処理設備は当初、ICB3 パッケージで入札を実施したが、入札が不調に終わったため、2 パッケージは ICB、1 件は随意契約で再入札を実施したため、工期の遅延を招いた。
- 6) 下水処理設備に関しては、施設計画用地内に 2 世帯が居住していたが、その移転交渉に時間を要し、完全な合意後に工事を着手したため、遅延が生じた。



スラグ処理設備



下水処理施設

3.4.3 内部収益率

財務的内部収益率（FIRR）

審査時の FIRR 算定に用いた前提/仮定条件と同条件で算定した評価時点における FIRR 値を表 8 に示す（実施機関による算定）。サブプロジェクトにより、工費が大幅に増加した項目（仕様を高規格に変更）があるが、便益も同時に増大するため、結果的に各サブプロジェクトの FIRR は計画時の予測値より、若干高い数値となった。

表 8 FIRR（計画時/事後評価時）

設備	便益	費用	FIRR (%)	
			計画時	事後評価時
コークス乾式消化	回収蒸気等	建設費 維持管理費	8.0	8.1
コークス炉ガス処理	コークスガス等	同上	7.8	7.9
高炉ガスコンバインドサイクル発電	電気等	同上	10.8	11.5
高炉炉頂圧発電	電気等	同上	7.3	7.7
電炉環境改善対策	製造コストの減少	同上	8.3	9.6
スラグ処理	土木資材としてのリサイクルスラグ等	同上	7.7	8.9
下水処理	リサイクル用水再利用	同上	4.4	6.2

注：プロジェクトライフ 20 年

以上より、本事業は、事業費は計画を下回ったが、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

太原鋼鉄の子会社である山西太鋼ステンレス鋼公司（太原鋼鉄が 64.24%の株所有）が現在、本事業で建設された諸施設の運用・維持管理を担当している。なお、山西太鋼ステンレス鋼公司は 1998 年に設立され、深圳証券取引所に上場、2006 年 6 月には親会社の主要資産（製鋼部門及び関連機材）を買い取り、中国最大の製鋼メーカーとなった。なお、同公司は会長、総支配人の下、21 部局よりなり、総従業員数は約 21,000 人である。各施設/プラントの運転・維持管理担当の職員数を表 9 に示す。運転・維持管理にも十分な人員が配置されており、体制上の問題は見られない。

表 9 各施設/プラントの運転・維持管理担当の職員数

単位：人	
施設	職員数
コークス乾式消火設備	33
コークス炉ガス処理設備	15
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	22
高炉炉頂圧発電設備	12
特殊鋼プラント/溶鋼部門（電炉環境改善対策）	52
スラグ処理設備	20
下水処理施設/エネルギー源/パワープラントの深度プロセス	12
計	166

出典：質問票への回答

3.5.2 運営・維持管理の技術

各施設/プラントの運転・維持管理担当職員の技術レベルは表 10 に示すとおりである。

表 10 各施設/プラントの運転・維持管理担当職員の技術レベル

施設	技術レベル
コークス乾式消火設備	大学、短大、高校、職業学校卒からなり、技術レベルはジュニア技師レベル程度で機械維持補修において 3 年以上の経験を有している。
コークス炉ガス処理設備	高校、職業学校卒からなり、技術レベルは技師レベル程度で機械維持補修において 10 年以上の経験を有している。
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	22 人の職員の内、5 人は大学卒、3 人は技術短大卒で、技術レベルはジュニア/中級技師レベル程度である。電気/ガス/ボイラー/蒸気タービン分野等で 10 年以上の経験を有している職員が数名おり、残りは新卒の職員が殆どである。
高炉炉頂圧発電設備	12 人の職員の内、1 人は大学卒、8 人は技術短大卒で、技術レベルは技師レベル程度である。全員、電気系運転等で 10 年以上の経験を有している。
特殊鋼プラント/溶鋼部門 (電炉環境改善対策)	52 人の職員の内、1 人が院卒、2 人が大学卒、残り 49 人は高校卒で、技術レベルはジュニア/中級技師レベル程度である。全員が溶鋼分野等で 8 年以上の経験を有している。
スラグ処理設備	20 人の職員の内、1 人が大学卒、1 人が技術短大卒、残り 18 人は高校卒で、技術レベルはジュニア/中級技師レベル程度である。
下水処理施設	12 人の職員の内、2 人が大学卒、6 人が技術短大卒、残り 4 人は高校卒で、全員、就業以来、下水処理業務に従事している。

出典：質問票への回答

研修については、職員は太原鋼鉄研修センター及び外部機関での各分野の研修科目（2 日から約 40 日間）を受講している。（2010 年度実績）。研修科目は 16 科目で、受講職員数は、科目によるが、1 名から 22 名である。

製鉄所視察時の職員に対するヒアリングから、職員の技術力に特に問題は見られず、設備毎のマニュアル/ガイドライン等も次の図書/文書を含み、整備されている。

- ・ TISCO CDQ 機材維持管理規定（TISCO コーク炉、2008）
- ・ 脱硫処理マニュアル、酸製造運転マニュアル
- ・ ガスタービン運転規定
- ・ ガス及び関連知識（TISCO 研修センター）
- ・ 電気製鋼過程マニュアル（TISCO）
- ・ 鉄スラグ処理過程及び運転マニュアル
- ・ 地方下水処理機材維持管理規定/技術運転規定（TISCO 上水供給所、2007）

3.5.3 運営・維持管理の財務

山西太鋼ステンレス鋼会社の過去 3 年間の収支状況を表 11 に示す。

表 11 山西太鋼ステンレス鋼会社の過去 3 年間の収支状況

単位：千元

項目	2008	2009	2010
主営業収入	71,330,765	57,970,542	75,339,849
運営費用	62,902,972	51,487,557	67,833,736
税金及び諸費用	262,251	77,921	75,165
販売費用	1,110,801	988,198	1,187,469
管理費	2,382,757	2,618,062	2,861,214
財務費用	1,732,634	960,622	1,129,194
原価償却	1,138,248	598,935	825,938
投資効果比率	-5,276	42,594	1,193,662
運用益	1,795,824	1,281,840	2,620,795
非業務収益	94,969	88,159	44,556
非業務費用	89,190	52,512	37,509
税前収益	1,801,604	1,317,487	2,627,842
法人税	-149,858	42,184	73,033
純利益	1,951,462	1,275,303	2,554,809

出典：質問票への回答

2009 年はリーマンショック後の経済危機で売上げが減少したが、2010 年には、2008 年の売上げ以上に増加しており、過去 3 年間、収支は黒字を記録している。

各プラントの運営維持管理に予算額(年)及び実際に使われた支出額を表 12 に示す。

表 12 各プラントの運営維持管理支出額

単位：百万元

施設	予算額 (年)	支出額		
		2008	2009	2010
コークス乾式消火設備	13	21	11.1	12
コークス炉ガス処理設備	3.5	0.8	1.2	3.35
高炉ガスコンバインドサイ クル発電設備	14	-	-	13.5
高炉炉頂圧発電設備	7.5	7.1	7.45	7.51
電炉環境改善対策	13.20	11.37	12	12.31
スラグ処理設備	7.0	6.3	6.5	6.7
下水処理設備	0.53	0.40	0.16	0.40

注：本事業で建設された機材、施設に必要な運営維持管理費

施設ごとに毎年、運営維持管理費が予算計上されているが、必要な維持管理費は実情に応じて支出されている。

会社の収支状況は過去 3 年間黒字を記録しており、また、本事業で建設された機材/施設の運営維持管理に必要な予算は確保されており、財務上の問題はないと思われる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

本事業で整備された各施設の運営・維持管理状況は次のとおりである。

コークス乾式消火設備：施設は 1.5～2 ヶ月毎に定期的に、また大規模な総点検は 1.5

年毎に実施されている。施設は現在、正常に稼動しており、運転効率も高い。

コークス炉ガス処理設備：総点検が毎年実施されている。施設は正常に稼動しており、脱硫効率も高い。また、すべての技術的パラメーターも設計目標を達成している。

高炉ガスコンバインドサイクル発電設備：必要なオーバーホールは 12,000 運転時間毎、すなわち 1.5 年毎に実施されている。施設は正常に稼動しており、良好な高品質の材料供給が要求されている。

高炉炉頂圧発電設備：オーバーホールは 2 年毎に実施されている。施設は正常に稼動しているが、羽根にスケーリングの問題が若干あり、ガスの状態により、除垢剤を加える必要がある。

電炉環境改善対策：月に 3 回、6-8 時間要する定期検査が実施されている。さらに、年に 2 回、2 日間を要する中規模の総点検を実施している。集塵機付電炉は現在、正常に稼動している。

スラグ処理設備：毎日、2 時間毎にスポットチェックが行われる他、専門的なスポットチェックが週一回実施されている。施設は正常に稼動している。

下水処理設備：毎日、2 時間毎にスポットチェックが行われる他、専門的なスポットチェックが週一回実施されている。異常が発見された場合、直ちに修理が実施されている。処理施設は正常に稼動しており、処理水の品質も良く、再利用されている。

運営維持管理は、管理計画に沿って日常的に維持管理が行われており、また、本事業で整備された施設、機材についても、品質、物理的耐久性に問題のある項目は見受けられなかった。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、太原鋼鉄製鉄所において、クリーナープロダクション（CP）技術の導入、汚染物質処理設備の導入、エネルギーの効率利用を行うことにより、大気汚染、水質汚染、産業廃棄物による汚染等の環境改善を図り、もって太原市住民の生活環境の向上に寄与することを目的としていた。妥当性については、本事業の実施は中国及び山西省の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致している。また、本事業の目的である、大気汚染、水質汚染等の環境改善を図るという面で、概ね計画通りの効果の発現が見られ、かつ、太原市住民の生活環境の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。しかしながら、効率性については、事業費は計画を下回ったが、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。本事業の持続性については、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

実施機関が借款案件実施に関して、国内主管機関からの許認可取得等の国内手続きに不慣れなこと、さらに JICA の調達手順・プロセスに不精通のため、事業開始直後に事業実施に遅延が生じた。よって、審査段階での実施機関との協議においては、事業実施計画の策定及び調達機材の技術仕様について詳細な協議/レビューが必要である。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット		
コークス乾式消火設備	コークス炉 (No. 5, No.6) 2 基への CDQ 設備設置 (処理能力 110 t/時)	コークス炉 1 基 (No.7) への CDQ 設備設置 (処理能力 150 t/時)
コークス炉ガス処理設備	脱硫設備の設置 (処理能力 63,000 m ³ /時) 真空炭酸塩/クラウド方式	脱硫設備処理能力を 130,000 m ³ /時へ増強するとともに処理方法 (MEA 脱硫/硫黄酸回収方式) の変更
高炉ガスコンバインドサイクル発電設備	コンバインドサイクル発電設備の建設 (出力 81.4MW)	コンバインドサイクル発電設備の出力を 51.6MW に変更
高炉炉頂圧発電設備	第三高炉への発電設備設置 (出力約 6MW)	第三高炉への発電設備設置 (出力を 12MW へ変更)
電炉環境改善対策	集塵機付電炉建設 (容量約 90t) 旧式小型電炉 6 基の廃棄	計画どおり
スラグ処理設備	スラグ処理設備の設置:年間処理能力、約 380,000t (普通鋼)、120,000t (ステンレス)	スラグ処理設備の設置:年間処理能力、約 920,000t (普通鋼)、760,000t (ステンレス)
下水処理設備	居住区の下水を活性汚泥で処理する設備の設置 (処理能力: 50,000 m ³ /日)	計画どおり
② 期間	2002年3月～ 2006年12月 (58ヶ月)	2002年3月～ 2008年12月 (82ヶ月)
③ 事業費		
外貨	14,144百万円	13,995百万円
内貨	9,259百万円 (617百万円)	11,739百万円 (794.14百万円)
合計	23,403百万円	25,734百万円
修正後の事業費	26,072百万円	-
うち円借款分	14,144百万円	11,739百万円
換算レート	1元 = 15円 (2001年9月 現在)	1元 = 14.782円 (2004年7月～2009年3月 平均)

0. 要旨

中国政府及び重慶市政府は、長江及び長江支流の嘉陵江の水質汚濁対策を重点課題として位置づけ、様々な取り組みを進めており、本事業はその一環として実施された。重慶市では、急速な都市化や工業化に伴い生活・工業排水が増加し、水質汚染が深刻化していた。また、長江の下流には三峡貯水池も位置していることから、下水処理設備の整備による河川の水質改善の緊急性、必要性は高かった。下水処理能力の向上、汚染物質排出量の削減、処理水の水質改善、市内河川の水質改善など、概ね計画通りの効果の発現が見られ、かつ、河川沿いの住民の生活環境の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



鶏冠石下水処理場消化池

1.1 事業の背景

中国では、1980 年代以降の急速な都市化と工業化、生活水準の向上に伴い、生活・工業排水量が大幅に増加していたが、2000 年における都市部の下水処理率は 34.3%に留まっていた。また、主要 7 水域（淮河、遼河、海河、松花江、黄河、珠江、長江）では、国家地表水環境質基準¹の III 類（飲用水源として利用可能な水準）²を満たさないモニタリング地

¹ 審査時の国家地表水環境質基準（GB3838-1988）は、水質に関わる 30 の指標について I～V 類に分類していた。基準は 2002 年に改訂され、現行の基準（GB3838-2002）は、24 の指標について I～V 類に分類している。

² 中国の水質基準は、日本同様、水域の使用目的と保護目的に応じて定められている。I 類から III 類までが飲用に適した水質。V 類基準を満たさない場合、劣 V 類と表現される。

点が 2000 年時点で 42.3%に上っていた。

重慶市は、長江上流の経済・交通・貿易の中心地であり、1997 年に直轄市³となった。人口増加による市街地の急速な拡大や製造業の発展により生活・工業排水量が増加し、2001 年には計 85.6 万 m³/日に達した。その一方、下水処理場は唐家橋下水処理場 1 ヲ所（処理能力 4.8 万 m³/日）のみであり、市街区の下水処理率は 6%と極めて低かった。その結果、市内河川に未処理の排水が直接放流され、嘉陵江の水質は国家地表水環境質基準 IV 類であった。このような背景のもと、重慶市では下水道整備が急務となっていた。

1.2 事業の概要

重慶市において下水処理場（唐家沱下水処理場及び鶏冠石下水処理場の 2 次処理施設）の整備を行うことにより、市内河川の水質改善を図り、もって重慶市の生活環境改善に寄与する。重慶市の本事業位置図を図 1 に示す。



図 1 事業位置図

³ 中央政府が直接管理しており、「省」と同格である。直轄市は、北京、上海、天津、重慶の 4 都市。

円借款承諾額／実行額	9,017 百万円／9,017 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 3 月／2002 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年） 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府/重慶市人民政府
貸付完了	2009 年 7 月
本体契約	China Construction Seventh Engineering Bureau, (株) 荏原製作所（日本）、Chongqing Chuanyi Automation, Co., Ltd., Biwater Man Lee Limited. Tianjin Machinery & Electric Equipment Import and Export Co., Ltd. (10 億円以上のみ記載)
コンサルタント契約	NJS Consultants（日本）(1 億円以上のみ記載)
関連調査等（フィージビリティ・スタディ：F/S）（if any）	唐家沱処理場：中国市政工程華北設計研究院による F/S（2001 年 7 月） 鷄冠石処理場：上海市政工程設計研究院による F/S（2001 年 7 月）
関連事業（if any）	1990 年代後半、日本、フランス、イギリス、オーストラリア、イタリア、スイスによる資金協力により、下水道マスタープランの改訂を含めた事業準備調査が実施された。また、本事業対象の唐家沱下水処理場及び鷄冠石下水処理場の一次処理及び下水管整備は、世界銀行による借款により第 1 期工事として実施された。本事業は第 2 期工事として位置づけられ、同施設の二次処理及び汚泥処理部分を行った。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

三浦順子（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 8 月～2012 年 9 月

現地調査：2011 年 11 月 13 日～26 日、2012 年 3 月 5 日～15 日

2.3 評価の制約

本事業対象の唐家沱及び鷄冠石下水処理場の一次処理及び下水管整備は、世界銀行による借款により第 1 期工事として実施され、本事業は第 2 期工事として同施設の二次処理及び汚泥処理部分を行った。発現した効果は双方の事業及び重慶市の河川の水質改善に対する継続的な取り組みなどが複合的に実施された結果によるものであると考えられ、本事業とその他の介入による効果を厳密に区別することは困難であった。

3. 評価結果（レーティング：A⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

審査時（2002 年）の国家環境保護第 10 次 5 ヶ年計画（2001 年～2005 年）では、主要汚染物の総排出量 2000 年比 10%削減、都市部の下水処理率 45%達成（人口 50 万人以上の都市では 60%達成）、長江、黄河、松花江など主要河川流域の水質改善等を目標としていた。

また、重慶市環境保護第 10 次 5 ヶ年計画（2001 年～2005 年）では、市街区の下水処理率 60%達成を目標に掲げ、より一層水質汚濁対策に取り組む方針を明らかにしていた。また、2001 年に策定された 2020 年までの下水道整備マスタープランでは、下水管及び下水処理場 11 カ所の整備を計画し、本事業は優先度が最も高い下水処理場整備事業として位置づけられていた。下表の通り、本事業対象施設の設備能力は、2010 年までの全体計画の 84%、2020 年までの全体計画の 62%を占めていた。

表 1 下水道整備マスタープランの概要

単位：万 m³/日

下水処理場	2010 年まで		2020 年まで	
	設備能力	目標年	設備能力	目標年
唐家沱（本事業対象）	30	2005	10	2013
鷄冠石（本事業対象）	60	2005	20	2013
茄子溪	5	2007	3.1	2013
李家沱	5	2007	4	2013
中梁山	5	2010	2	2013
井口	2	2010	0	
小計	107		39.1	
2020 年までの合計			146.1	

出所：審査時資料

国家環境保護第 11 次 5 ヶ年計画（2006 年～2010 年）では、都市污水处理率 70%達成、化学的酸素要求量⁶（Chemical Oxygen Demand、COD）の排出量 10%削減等を目標としていた。現行の同第 12 次 5 ヶ年計画（2011 年～2015 年）では、都市污水处理率 85%達成、COD 排出量の 8%削減、アンモニア窒素の排出量 10%削減等を目標としている。

重慶市環境保護第 11 次 5 ヶ年計画（2006 年～2010 年）においては、汚水及び廃棄物処理が重要項目として位置づけられ、重慶市の下流に位置する三峡貯水池⁷の水質を改善するため、長江流域に 21 カ所の下水処理場を建設することが目標に掲げられた⁸。現行の第 12 次 5 ヶ年計画（2011 年～2015 年）では、市街区における下水処理率を 95%

⁴ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁶ 水の汚れの度合いを表す指標で、水中の有機物を酸化剤で酸化する際に消費される酸素量を指す。

⁷ 重慶市中心部から三峡ダムまでの距離は約 680 キロ。

⁸ 2003 年の三峡プロジェクトの実施と同時に、三峡貯水池の水の自浄能力が下がることが予測され、上流で下水が適切に処理されなければ、三峡貯水池の水質が低下することが懸念された。三峡貯水池の周辺住民の水源を確保するためにも、本事業により長江及び嘉陵江の水質改善が急務であった。出所：PCR。

以上とすること、市全体における下水処理率を 90%以上とすることが目標として掲げられた。また、下水処理場から排出される汚泥の無害化・再利用という目標を達成するため、汚泥の適切な処理を推進していくことを掲げている。長江や嘉陵江と三峡貯水池の位置関係を示した地図を図 2 に示す。



図 2 重慶市周辺地図（長江及び嘉陵江流域）

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時、重慶市街区（175 km²、240 万人）においては、急速な都市化や人口増加、製造業の発展等により、生活排水・工業廃水量が急増し、2001 年で計 85.6 万 m³/日であった。それに比して、下水処理場は唐家橋下水処理場 1 ヲ所（処理能力 4.8 万 m³/日）のみであり、重慶市街区における下水処理率は 6%と極めて低かった。市内河川に未処理の排水が直接放流され、嘉陵江の水質は国家地表水質基準の IV 類であり、飲用水源として利用可能な水準を満たしていなかった。

事後評価時、都市化や人口増加、工業化、観光等の発展に伴い、下水処理に対する需要は高まっている。事後評価時、本事業対象の両処理場はほぼフル稼働している。現在、下水道設備マスタープランの計画どおり両処理場の第三期工事を行っており、唐家沱処理場は 10 万 m³/日、鶏冠石処理場は 20 万 m³/日、それぞれ設備能力が拡張する予定である。

長江と嘉陵江が重慶市の唯一の水源・処理水の排水先であること、重慶市の下水処理が三峡貯水池の水環境の保全において重要な役割を担っていること等から、下水処理による環境汚染対策は引き続き喫緊の課題である。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府の対中経済協力計画（2001 年）では、環境、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度策定、技術移転等を優先分野とし、「環境問題等、地球規模の問題

に対処するための援助協力」を最重要課題としていた。また、国際協力機構（JICA、当時 JBIC）の海外経済協力業務実施方針（1999 年）においても、環境を対中国円借款の 3 重点分野の 1 つとし、同行の国別業務実施方針においても、下水道施設整備や節水・水資源リサイクル等の公益的事業を重点分野として検討することとしていた。

以上より、本事業の実施は中国及び重慶市の開発政策、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（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用・効果指標

(1) 下水処理能力の向上

表 2 に唐家沱、鶏冠石の両処理場の下水処理能力の計画と実績を示す。計画通り、下水処理能力は計 90 万 m³/日を達成した。

表 2 下水処理能力（計画/実績）

単位：万 m³/日

指標名	事業完成後の計画 (2005 年)	事業完成後の実績 (2007 年)
唐家沱処理場	30	30
鶏冠石処理場	60	60
合計	90	90

出所：計画値は審査時資料、実績値は重慶排水公司質問票回答。

また、下水処理設備が十分に運用されているかを示す指標として、汚水処理量⁹及び設備稼働率¹⁰を表 3 にまとめた。事業完成（2007 年）以降、汚水処理量、設備稼働率、共に順調に上昇し、設備稼働率は毎年約 8 割以上を保っていることから、設備が有効に活用されていると言える。前述したとおり、重慶市の汚水量の増加に対応するため、両処理場とも、現在第 3 期工事を行っている。

表 3 日平均汚水処理量及び設備稼働率

単位（処理率を除く）：万 m³/日

処理場	2007年		2008年		2009年		2010年		2011年		設備能力
	処理量	稼働率	処理量	稼働率	処理量	稼働率	処理量	稼働率	処理量	稼働率	
唐家沱	23.1	77%	24.1	80%	23.3	78%	25.9	86%	26.5	88%	30
鶏冠石	47.2	79%	57.3	96%	58.6	98%	61.5	103%	64.0	107%	60
合計	70.3		81.4		81.9		87.4		90.5		90

出所：重慶排水公司質問票回答

⁹ 下水処理場が受け入れ、処理する量。

¹⁰ 日平均処理量/設備能力。

(2) 重慶市街区の下水処理率

表 4 に重慶市街区の下水処理率の基準値と計画値を示す。重慶市環境保護局によると、市街区の下水処理率の実績データ、工業排水の処理率の実績データはないが、2011年の市街区の家庭排水の処理率は約 95%とのことである。したがって、家庭排水の処理率に限って言えば、計画値を達成したと言える。工業排水に関しては、多くの工場は独自の設備により排水を処理した後、河川に放水しており、厳格な排出基準が設定されているとのことである。

表 4 重慶市街区の下水処理率

単位：％

指標名	基準値（2001 年）	計画値（2005 年及び 2010 年）	実績値（2011 年）
下水処理率	6	95	家庭排水：95 全体・工業排水：不明

出所：基準値と計画値は審査時資料。実績値は重慶市環境保護局への聞き取り調査。

注：下水処理率＝下水処理量÷下水全体量。

重慶市街区の下水処理率は、本事業のみにより達成しているわけではないが、下水道整備マスタープランにおいて、本事業対象の設備能力が 2010 年までの全体計画の 84%を占めていたことから、本事業は市街区の下水処理率改善に貢献したと言える。

(3) 汚染物質排出削減量

表 5 に、主要な水質汚染物質である COD、生物化学的酸素要求量¹¹（Biochemical Oxygen Demand、BOD）、浮遊物質¹²（Suspended Solids、SS）の排出量の基準値と計画値、計画削減量（目標値－基準値）を示し、表 6 と表 7 に各処理場の排出量の実績を示す。表のとおり、両処理場とも COD、BOD、SS の計画削減量を達成した。

表 5 汚染物質排出量（基準値、計画値）、計画削減量

単位：トン/年

指標	排出量基準値 (2001年)			排出量事業完成後 目標値 (2005年)			削減量		
	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS
唐家沱	30,478	15,374	21,353	5,125	1,708	1,708	25,623	13,666	19,644
鷄冠石	65,700	32,850	45,625	10,950	3,650	3,650	54,750	29,200	41,975
合計	96,178	48,224	66,978	16,075	5,358	5,358	80,373	42,866	61,619

出所：重慶市排水公司質問票回答

¹¹ COD 同様、水の汚れの度合いを表す指標として用いられ、特に工業排水等の規制項目の 1 つ。

¹² 水中に浮遊している不溶解性の粒子状物質。

表 6 唐家沱処理場 汚染物質排出量及び削減量（実績）

単位：トン/年

指標	排出量実績				基準値からの削減量（2010年）
	2007年	2008年	2009年	2010年	
COD	2,776	2,444	2,504	2,525	27,953
BOD	428	343	360	284	15,090
SS	1,019	1,306	1,271	891	20,462

出所：重慶市排水公司質問票回答

表 7 鶏冠石処理場 汚染物質排出量及び削減量（実績）

単位：トン/年

指標	排出量実績				基準値からの削減量（2010年）
	2007年	2008年	2009年	2010年	
COD	3,982	4,491	4,267	3,872	61,828
BOD	838	855	898	673	32,177
SS	1,467	1,497	1,797	1,420	44,205

出所：重慶市排水公司質問票回答

(4) 下水処理場の処理水の水質改善

COD、BOD、SS の処理後の濃度に関しては、2002 年に改訂された現行の都市污水处理場汚染物排出基準（GB18918-2002）1 級 B の濃度が本事業の計画値として設定された。COD、BOD、SS いずれも、処理後の濃度は基準を満たしている。表 8 に基準値、計画値、実績値を示す。

表 8 污水处理後の主要汚染物質の濃度

単位：mg/L

指標名	2001 年 基準値		事業完成 計画値（注）		2011 年 実績値	
	唐家沱	鶏冠石	唐家沱	鶏冠石	唐家沱	鶏冠石
入口 COD	360	360	360	360	301	323
出口 COD	360	360	60	60	32	20
入口 BOD	180	180	180	180	181	152
出口 BOD	180	180	20	20	4	4
入口 SS	250	250	250	250	212	438
出口 SS	250	250	20	20	11	7

出所：審査時資料、重慶市排水公司質問票回答

注：計画値の出口の数値は、都市污水处理場汚染物排出基準（GB18918-2002）の 1 級 B の濃度。

処理前と処理後の水を汲み上げて直接観察した結果、処理前の水は真っ黒であったのに対し、処理水はミネラルウォーターと同様透明であることが確認された。



沈殿池と生物反応池全景



鶏冠石下水処理場排水口



処理前の水（左）、処理後の水（中央）、ミネラルウォーター（右）

(5) 市内河川の水質改善

重慶市環境保護局への聞き取り調査において、本事業に関する水質モニタリング断面として、主に下水管起点と下水管終点/両処理場の間に位置する長江の寸灘断面、嘉陵江の大溪溝断面が特定された。唐家沱下水処理場及び鶏冠石下水処理場の第 1 期工事（世界銀行による借款）の事業完了報告書¹³も、寸灘及び大溪溝断面のデータを用いて評価している。

長江の寸灘断面の水質分類の推移を表 9 に示した。寸灘断面は 2000 年には国家地表水環境質基準 III 類であったが、2006 年以降 II 類を維持していることから、水質が改善傾向にあると考えられる。

表 9 長江の寸灘断面の水質分類

年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
分類	III類	NA	III類	IV類	II類	III類	III類	III類	II類	II類	II類	II類	II類

出所：1998 年のデータは「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）、2000 年以降のデータは重慶市環境保護局提供データ。

嘉陵江の大溪溝断面は、上記報告書によると、1998 年には IV 類であったが、2008 年は II 類であったとのことである。重慶市環境状況公報によると、2006 年以降は、大溪溝断面のみならず、重慶市環境保護局が管轄する嘉陵江のすべての断面において II 類を維持している¹⁴。よって、嘉陵江の水質も改善傾向にあると考えられる。

右報告書は、現行の国家地表水環境質基準（GB3838-2002）の 24 のパラメータのうち、特に重要な過マンガン酸塩指数¹⁵、BOD₅¹⁶について、1998 年～2008 年の寸灘断面と大溪溝断面のモニタリング結果を記載している。現行の基準を表 10 に、寸灘断面の

¹³ 「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）。元データは重慶市環境保護局のデータ。

¹⁴ 出所：重慶市環境状況公報 2006 年、2007 年、2008 年、2009 年、2010 年。

¹⁵ 過マンガン酸塩指数は、日本で採用されているマンガン法による化学的酸素要求量（CODMn）と同義。COD の測定方法には、マンガン法とクロム法（CODcr）の 2 とおりある。現行の中国の排水基準では、クロム法の COD を採用しているが、重慶都市環境事業では 1998 年に過マンガン酸塩指数をモニタリング項目の 1 つとして設定したことから、上記報告書においても、同指数を用いて評価している。

¹⁶ 20℃の暗所で 5 日間培養したときの酸素消費量。

年平均値を表 11 に、大溪溝断面の年平均値を表 12 に示した。これらの結果から、寸灘断面については、1998 年～2008 年にかけて、過マンガン酸塩指数、BOD5 がそれぞれ、11% (3.10mg/l→2.77mg/l)、42% (1.93mg/l→1.12mg/l) 減少し、大溪溝断面については、右パラメータがそれぞれ、35% (4.34mg/l→2.82mg/l)、49% (2.52mg/l→1.29mg/l) 減少したことがわかる。また、水質基準に照らし合わせると、両断面のパラメータの 2008 年の平均値は、いずれも II 類の上限の範囲にあることが確認できる。

表 10 国家地表水環境質基準（上限値）

単位：mg/l

標準 項目	分類				
	I 類	II 類	III 類	IV 類	V 類
過マンガン酸塩指数	2	4	6	10	15
BOD5	3	3	4	6	10

出所：「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）。元データは重慶市環境保護局のデータ。

表 11 寸灘断面の年平均値（単位：mg/l）

年	過マンガン酸塩指数	BOD5
1998	3.10	1.93
1999	2.48	1.32
2000	2.48	1.23
2001	1.91	1.79
2002	2.23	1.56
2003	2.77	1.77
2004	2.36	1.36
2005	2.72	1.29
2006	3.61	1.49
2007	2.57	1.10
2008	2.77	1.12

表 12 大溪溝断面の年平均値（単位：mg/l）

年	過マンガン酸塩指数	BOD5
1998	4.34	2.52
1999	2.80	1.79
2000	2.46	2.01
2001	2.60	1.53
2002	2.58	1.83
2003	3.23	2.46
2004	2.68	1.49
2005	3.06	1.49
2006	2.70	1.60
2007	2.51	1.79
2008	2.82	1.29

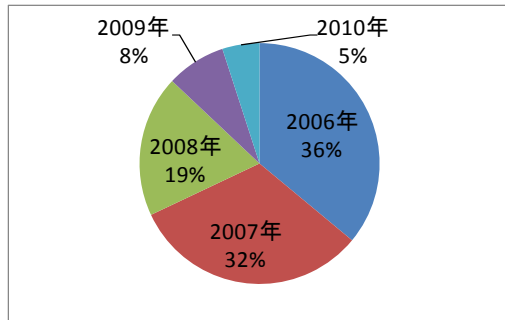
出所：「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）。元データは重慶市環境保護局のデータ。

一方、長江は長さ 6,300km（中国最大）、嘉陵江は長さ 1,119km であり、河川の水質は上流域の汚染状況など多くの要因の影響を受けやすい。また、本事業対象地域ではこれまで第 1 期工事や工業汚染規制など本事業外の水質改善に対する様々な取り組みが実施されてきた。したがって、水質の改善傾向と本事業との関係性を検証することは困難である。しかしながら、本事業の実施により汚染物質排出量を計画以上に削減し、かつ処理後の放流水の水質も国家排出基準 1 級 B を満たしていることから、改善に一定の貢献をしていると評価できる。

3.2.2 定性的効果

3.2.2.1 市内河川（長江、嘉陵江等）の水質汚濁改善

長江及び嘉陵江の河川沿いの住民¹⁷を対象に、受益者調査結果（サンプル数 100、男 65、女 35）を実施した結果、80%が河川の水質が「とても改善した」と回答し、20%が「やや改善した」と回答した。「変化なし」「悪化した」という回答者はゼロだった。



水質が改善し始めた時期については、図3のとおり、2006年～2008年と認識している回答者が多かった。本事業完成は2007年7月であることから、本事業のみならず、第1期工事の実施や重慶市による工業排水の規制強化などが複合的に河川の水質改善に寄与したと考えられる。

図3 受益者調査結果（N=100）に見られた水質改善時期についての認識

3.2.2.2 リサイクル効果（汚泥再利用）

両処理場の汚泥処理量及び再利用された汚泥量を表13に示す。

表13 汚泥処理量及び再利用された汚泥量

単位：トン/日

指標名	2010年目標		2010年実績		2011年実績	
	唐家沱	鶏冠石	唐家沱	鶏冠石	唐家沱	鶏冠石
処理された汚泥量	48	105	85	269	92	267
再利用された汚泥量	0	0	59 (69%)	90 (33%)	73 (79%)	94 (35%)

出所：重慶市排水公司質問票回答

汚泥の一部は、主にセメントの材料や肥料として再利用されている。鶏冠石処理場における処理された汚泥量に対する再利用された汚泥量の割合が約3割と少ないのに対し、唐家沱処理場の同割合は約7～8割と高い。重慶市排水有限公司によると、これは、2009年に自己資金で唐家沱処理場に汚泥乾燥設備が設置されたためである。鶏冠石処理場は、現在約270トン/日の汚泥のうち、約90トン/日をセメント工場に搬出し、約180トン/日を処分場に埋め立てている。しかし、唐家沱処理場に新しく導入された汚泥乾燥設備の効果が確認されたため、鶏冠石処理場にも汚泥乾燥設備の設置を決定し、2012年末までに設置予定とのことである。これにより、2013年以降再利用率が改善すると見込まれる。

¹⁷ 溉澜溪（江北区）：10人、肖家河（江北区和渝中区）：10人、原长安汽车配件厂（江北区）：10人、虎头崖（沙坪坝区）：10人、黑石子（江北区）：10人、原天源化工厂（江北区）：10人、大溪沟（渝中区）：10人、南坪哑吧洞（南岸区）：10人、洪崖洞（渝中区）：10人、鸡冠石：5人、唐家沱：5人。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 生活環境の改善

本事業の対象地域及び受益人口の計画、実績を表 14 に示す。対象地域の面積は計画より増加し、受益人口はほぼ計画通りである。対象地域は、計画時の 6 区から 7 区に増えた。これは、両江新区という新しい行政区が追加されたことによる¹⁸。

表 14 対象地域及び受益人口（計画/実績）

処理場	面積（単位：km ² ）			受益人口（単位：万人）			対象区
	2005 年 目標	2010 年 目標	2011 年 実績	2005 年 目標	2010 年 目標	2011 年 実績	
唐家沱	約 46	約 68	約 100	約 80	約 88	約 82	渝北区、両江新区、江北区（重慶市中心部の北部と東部）
鶏冠石	約 98	約 108	約 315	約 130	約 154	約 144	南岸区、渝中区、九龍坡区、沙坪壩区（重慶市中心部の南部）
合計	約 144	約 176	約 415	約 210	約 242	約 226	

出所：計画については審査時資料、実績については重慶排水公司質問票回答。

前出の受益者調査結果によれば、97%がトイレの設置や下水管接続により家庭での衛生環境が改善したと回答し、100%が市内の生活環境が改善したと回答した。トイレの設置や下水管接続は本事業に含まれていないが、本事業対象の下水処理設備がなければ、トイレの設置や下水管接続も進まないことから、家庭での衛生環境の改善は、本事業の間接的効果と考えられる。具体的に挙げられた改善点は以下のとおり。

- ・ 朝天門周辺（長江と嘉陵江の交差点）の水がきれいになった。九濱路周辺（渝中区の長江沿い）の衛生環境が改善した。以前は南濱路沿い（南岸区）の長江には黒い液体の流れが見られたが、最近はみられなくなった。三峡ダム（長江下流）の水がきれいになった。
- ・ 側溝の臭いがしなくなった。江北区北濱路沿いの川（嘉陵江）からの臭いがしなくなった。フェリーに乗る際、臭いを感じなくなった。（臭いがしなくなったので）窓を開けられるようになった。
- ・ ハエや蚊の数が減った。
- ・ 朝天門で釣りができるようになった。長江/嘉陵江の魚を食べられるようになった。
- ・ 川で泳げるようになった。
- ・ 鶏冠石周辺の水環境が改善し、ボートツアーが開催されるようになった。

受益者調査のサンプルが限られているため一般化は出来ないが、上記のとおり、長江及び嘉陵江の水質の改善が住民レベルでも実感され、水質改善により、釣り、遊泳、舟遊びなどレクリエーションも楽しめるようになったことが示唆される。本事業を含む重慶市の水質改善に関する継続的な取り組みを通じた水質の改善が、衛生状況や生活環境の改善に寄与していると考えられる。

¹⁸ 出所：重慶排水公司質問票回答。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

実施機関及び環境保護局のデータ、現地視察、受益者調査等から、自然環境へのマイナスのインパクトは認められなかった。

環境モニタリング体制に関しては、両処理場とも流入水・放流水の水質検査を実施している。毎日の検査項目は8項目（BOD、COD、TN、NH₃-N、TP、pH、SS、大腸菌群）、毎月の検査項目は4項目（動植物油、石油、表面活性剤、色度）である¹⁹。処理後の水質は、国家排出基準1級Bを満たしている。両処理場とも、環境モデル都市事業により整備された汚染源モニタリングシステム²⁰に接続されていることから、主要項目については、モニタリングセンターで1時間毎に確認できる体制になっている。

【汚泥処理】

重金属含有量検査を行っており、国家基準を満たしている。一部セメントの材料や肥料として再利用され、残りは廃棄物最終処分場で適切に埋め立て処分されている。

【悪臭・騒音】

両処理場は居住区から離れており、受益者調査結果においても悪臭・騒音等に関してマイナスのインパクトは認められなかった。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

第一期工事（世銀借款）の報告書²¹によると、住民移転・用地取得は、第一期工事の際に円滑に実施され、住民への補償金も適切に支払われた。第二期工事（本事業）においては新たな住民移転・用地取得は行われなかった。

3.3.2.3 その他正負のインパクト

重慶市においては、長江及び嘉陵江の景観そのものが観光資源であり、河川の水質が改善されたことは経済的な効果もあると推測される。重慶市政府は、本事業完成後、市街区の両河川沿いに数キロにわたって遊歩道を整備し、数カ所に公園を整備した。また、長江と嘉陵江が交わる中心半島周辺には、水上レストランや河の眺めを楽しむレストラン、展望台が年々増加しているとのことである²²。河川の水質改善と観光産業/飲食産業の発展の関係を示すデータは得られなかったが、本事業を含む重慶市の水質改善や遊歩道の整備に関する継続的な取り組みが、重慶市の観光産業、飲食産業の

¹⁹ 出所：重慶市排水有限公司質問票回答。

²⁰ 環境モデル都市事業は、重慶、大連、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想」の一環として実施された円借款事業。重慶では、2000年～2009年に、天然ガス供給システムの拡張、汚染源モニタリングシステムの整備、排煙脱硫装置設置等のサブプロジェクトが実施された。

²¹ 「重慶都市環境事業」完了報告書（2010年）。

²² 出所：重慶市排水有限公司への聞き取り調査。

発展を下支えしていると考えられる。

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、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

両処理場のアウトプットを表 15 に示す。アウトプットは、汚泥乾燥処理速度を上げるための設備を除いて、ほぼ計画通りだった。

表 15 アウトプット（計画/実績）

項目	計画	実績
唐家沱下水処理場 (30 万 m ³ /日)	1) 土木工事、調達機器等の内容 汚泥処理施設、1 次沈殿池、生物反応池、2 次沈殿池等 2) コンサルティング・サービスの内容 a) 施工管理 b) 下水処理技術研修 ① 汚泥再利用技術の移転。 ② 水質モニタリングを含む下水処理場の運営・維持管理に必要な技術の移転。	計画通り。
鶏冠石下水処理場 (60 万 m ³ /日)	同上	ほぼ計画通り。汚泥乾燥処理速度を上げるための設備（変圧器、ボイラー、消毒加薬設備等）の追加。

出所：計画については JICA 審査時資料、実績については重慶市排水公司質問票回答。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費は当初計画の 13,747 百万円（うち、円借款は 9,017 百万円、残りは中国側負担）に対し、実績は 12,123 百万円（うち、円借款は 9,017 百万円、残りは中国側負担）であり、計画比約 88%であった。競争入札による効率的な発注の結果、総事業費が減少した。

3.4.2.2 事業期間

事業期間は計画を上回った。当初計画の 2002 年 3 月（L/A 調印月）～2005 年 12 月（事業完成）の 45 ヶ月に対し、実績は 2002 年 3 月（L/A 調印月）～2007 年 7 月の 64 ヶ月（計画比 142%）であった。遅延理由は以下のとおりである²³。

- 1) 2003 年の重症急性呼吸器症候群（SARS）流行による調達手続き等の半年の遅延、
- 2) 2002 年～2004 年の資材価格の急騰等に伴い、設計・入札準備及び入札評価に慎重な検討と対応が必要となり、およそ 1 年を要したこと、
- 3) 事業実施中、鶏冠石処理場の汚泥搬出先である埋め立て処分場より、汚泥埋め立てによる二次汚染防止のため、汚泥乾燥処理速度をあげるよう要請があり、汚泥処理

²³ 出所：PCR、JICA 内部資料、実施機関質問票回答及び聞き取り調査結果。

システムの設計変更や設備変更が必要となったこと、

- 4) 卵型汚泥消化タンクの特異な構造による設計・工事の若干の遅延、
- 5) 事業進捗段階において地質学的な事由により工事施工図・内容の調整が必要になったこと。

しかし、工事期間中、遅延は最小限に留まっており、1つの要因としてコンサルタントと現地の監理会社により施工管理が適切に実施されたことが挙げられる。重慶市排水有限公司は、適切な施工管理がなされた結果、本事業が2007年（唐家沱）、2008年（鶏冠石）に「国家優良事業銀賞」を受賞したことにつながったと見ている。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

財務的内部収益率（FIRR）

審査時の前提条件²⁴を用い、事後評価時のFIRRを再計算した結果、下表の通りとなった。唐家沱処理場のFIRRが計画より若干上回った理由は、下水道料金が0.8元/m³から1.24元/m³に引き上げられたことが考えられる。一方、鶏冠石処理場単独のFIRRの際再計算に必要なデータはそろわなかったが、事後評価時の重慶排水公司全体のFIRRは10.14%であり、問題ないと言える。EIRRは審査時点で算出されていないことから、事後評価時点においても算出していない。

表 16 財政的内部収益率（FIRR）

	計画時	事後評価時
唐家沱処理場	8.2%	9.12%
鶏冠石処理場	5.5%	NA
重慶排水公司全体	NA	10.14%

出所：JICA 審査時資料、重慶排水公司質問票回答

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、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。



唐家沱污水处理場（左奥が長江、左の卵型設備が消化池、右が沈殿池、生物反応池等）
写真提供：重慶排水公司

²⁴ 便益：下水道使用料収入、費用：建設費用、維持管理・運転費用、プロジェクトライフ：20年。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

実施機関は重慶市政府だが、具体的事業主体は 1999 年に設立された国有の重慶市排水有限公司である。2001 年に 22 の子会社からなる重慶水務集団股份有限公司が設立され、重慶市排水有限公司はそのうちの 1 つとなった。重慶水務集団は市場規模 335 億円の重慶市八大投資グループの 1 つである。同集団は長江中下流域の水環境保護の役割を担っており、長江三峡貯水区の水管理に関しては中国最大の企業である。なお、重慶水務集団全体の給水処理能力は 203 万 m³/日、汚水処理能力は 208 万 m³/日である。

鶏冠石処理場の運営維持管理は重慶市排水有限公司が担っている。唐家沱処理場に関しては、2007 年、重慶水務集団と中法水務投資有限公司²⁵が出資して重慶中法唐家沱污水处理有限公司を設立し、重慶市政府から污水处理特許経営権を取得して運営維持管理を行っている。重慶市排水有限公司及び両処理場の職員数は以下のとおり。

表 17 職位毎の職員数

単位：人

職位	重慶市排水有限公司全体	鶏冠石下水処理場	唐家沱下水処理場
経理	5	0	12(注1)
シニアエンジニア	14	2	3
エンジニア	27	4	6
技術員	50	4	30
技師	5	2	3
熟練工	191	88	46
合計	292	100	95

出所：重慶市排水公司質問票回答。

注 1：唐家沱処理場は重慶中法唐家沱污水处理有限公司により運営されているため、重慶市排水有限公司の経理とは異なる。シニアエンジニア 3 名、エンジニア 2 名が経理も兼ねている。

注 2：唐家沱処理場の人数には外国人数名も含まれる。

以上、運営維持管理体制に問題は認められず、運営維持管理に必要な職員が確保されていると言える。

3.5.2 運営・維持管理の技術

維持管理職員の職位別の人数は上記のとおりである。重慶市排水有限公司への聞き取り調査によると、本事業で実施した下水処理技術研修の内容は適切であり、その効果もあり、操業以降大きな問題なく運営維持されていることが確認された。維持管理機関により定期的実施されている研修は、安全生産、質量控制、下水処理業務規定、企業管理制度、財務などの内容について実施されている。研修は処理場内で実施されるほか、重慶市排水有限公司の親会社である重慶水務集団や、重慶中法唐家沱污水处理有限公司の研修所でも実施されている。重慶水務集団は、2008 年に実施された「全国污水处理企業運行検査」において上位 10 社として表彰され、鶏冠石処理場も全国 10

²⁵ 中法水務投資有限公司は、フランスの民間企業との合弁。

大下水処理場の1つに表彰された²⁶。

以上、研修内容及び研修機会が充実していること、操業以降大きな問題なく運営維持されていること、重慶市水務公司や鷄冠石処理場は全国的にも高い評価を得ていること、唐家沱処理場は中法水務投資有限公司に出資しているフランスの民間企業との協力により下水処理技術の向上を図っていること等から、両処理場は運営維持管理に必要な技術を有していると判断される。

3.5.3 運営・維持管理の財務

審査時、事後評価時共に、下水道料金は上水道料金とあわせて重慶市政府により徴収されている。重慶市の下水道料金を表18に示す。下水処理料金は上水道料金の改定にあわせて見直されており、ほぼ計画どおりの値上げ幅である。また、受益者調査においても92%が料金は妥当だと回答していることから、適切に設定されていると考えられる。

表18 重慶市下水道料金

単位：人民元/m³

カテゴリー	事業完成後 (2005年) 計画	2010年計画	2006年実績	2007年～2009年 実績	2010年～現在 実績
一般家庭	0.8	1.5	0.6	0.7	1.0
商業			0.9	1.0	1.3
工業			0.9	1.0	1.3

出所：重慶市排水公司質問票回答。

運営維持管理費に関しては、審査時、政府が必要な費用を下水処理場に配分し、資金不足の場合は重慶市政府の予算から補填されることになっていた。2007年の事業完成以降は、汚水処理量に応じて対価が支払われる方式に変更された。重慶市政府と重慶排水会社の契約単価は3.25元/m³で、収入は運営維持管理費用のほか将来的な設備投資に振り分けることが可能となった。

表19に重慶市排水有限公司の財務状況を示す。2007年の本事業完成以降、下水処理量の増加及び上記の理由により収入及び利益が増加した。また、上述した方式の変更を契機として、維持管理業務の効率化やコスト削減などの経営改善に努力しており、利益の増加につながっている。以上、財務的持続性に問題は認められない。重慶中法唐家沱污水处理有限公司の財務諸表については得られなかった。

²⁶ 出所：「鷄冠石污水处理場簡介」。

表 19 重慶排水会社の財務状況

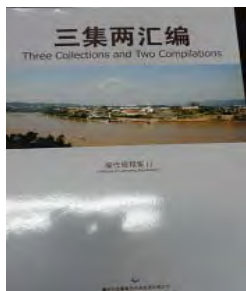
単位：百万元

項目	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
収入	202.63	639.49	761.39	785.37	824.13
運営費用	202.31	261.63	406.59	314.21	405.99
（うち維持管理費用）	103.5	138.9	273.81	185.86	269.76
利益	0.32	377.86	354.8	471.16	418.14
総資産	3211.95	3394.84	3655.85	3600.47	3595.4
流動資産	338.11	875.05	1014.95	991.65	1069.27
固定資産	2873.84	2519.79	2640.9	2608.82	2526.13
流動負債	208.49	117.6	94.87	57.48	50.12
自己資本	1285.09	1268.63	1271.63	1271.63	1591.77
負債	1926.86	2126.21	2384.22	2328.84	2003.63

出所：重慶排水公司質問票回答

3.5.4 運営・維持管理の状況

維持管理の難易度等により重要機材、主要機材、一般機材に分け、それぞれ維持管理計画を作成している。現地視察の結果、両処理場とも維持管理状況は良好である。また、両処理場ともマニュアルがよく整備されている。各処理場で確認された主要なハンドブックやマニュアルは以下のとおり。



唐家沱処理場
操作規程マニュアル



鷄冠石処理場
操作規程、ハンドブック等

唐家沱処理場：

規則・制度マニュアル、操作規程マニュアル、緊急対応マニュアル、作業工程図、各種記録表雛型集。

鷄冠石処理場：

職員ハンドブック、安全生産ハンドブック、設備安全操作規程、作業安全操作規程。

マニュアルや維持管理計画の整備状況、維持管理状況等から、両下水処理場とも良好に運営・維持管理されていると言える。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

中国政府及び重慶市政府は、長江及び長江支流の嘉陵江の水質汚濁対策を重点課題として位置づけ、様々な取り組みを進めており、本事業はその一環として実施された。重慶市では、急速な都市化や工業化に伴い生活・工業排水が増加し、水質汚染が深刻化していた。

また、長江の下流には三峡貯水池も位置していることから、下水処理設備の整備による河川の水質改善の緊急性、必要性は高かった。下水処理能力の向上、汚染物質排出量の削減、処理水の水質改善、市内河川の水質改善など、概ね計画通りの効果の発現が見られ、かつ、河川沿いの住民の生活環境の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

なし。

主要計画／実績比較

項 目	計 画（計画時）	実 績
① アウトプット 1) 土木工事、調達機器等の 内容 2) コンサルティング・サー ビスの内容	唐家沱下水処理場（30万 m ³ /日）及び鶏冠石下水処理場（60万 m ³ /日）の汚泥処理施設、1次沈殿池、生物反応池、2次沈殿池等 a) 施工管理 b) 下水処理技術研修 ① 汚泥再利用技術の移転 ② 水質モニタリングを含む下水処理場の運営・維持管理に必要な技術の移転	唐家沱下水処理場：計画通り。 鶏冠石下水処理場：ほぼ計画通り。汚泥乾燥処理速度を上げるための設備（変圧器、ボイラー、消毒加薬設備等）の追加。 計画通り。
② 期間	2002年3月～2005年12月 （45ヵ月）	2002年3月～2007年7月 （64ヵ月）
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	9,017百万円 4,730百万円 （315百万元） 13,747百万円 9,017百万円 1元＝15円 （2001年9月現在）	9,017百万円 3,106百万円 （218百万元） 12,123百万円 9,017百万円 1元＝14.28円 （2002年3月～2009年7月平均）

0. 要旨

本事業は、重慶、大連、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想¹」の一環として実施された。重慶市は、石炭に依存したエネルギー構造であり、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施や環境モニタリングシステムの整備は喫緊の課題であった。本事業の実施により、大気汚染物質排出削減量、脱硫装置の脱硫効率、モニタリングシステムの稼働時間などの目標値が達成し、概ね計画通りの効果の発現が見られる。また、大気質改善による生活環境の改善、環境管理能力の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



頭塘天然ガスステーション

1.1 事業の背景

中国では、1980年代以降、順調な経済成長に伴い、工業化と人口増加によって環境汚染が進んだ。とりわけ、工業原料、発電・暖房燃料としての石炭燃焼による二酸化硫黄² (Sulfur Dioxide、SO₂)、総浮遊粒子物質³ (Total Suspended Particular、TSP)、窒素酸化物⁴ (Nitrogen

¹ 1997年日中首脳会談において提唱された。

² 主要な大気汚染物質の1つで、石炭や石油等、硫黄を含む燃料の燃焼により発生する気体。酸性雨の原因の1つ。

³ 総浮遊粒子物質とは、大気中に浮遊する煤塵等の直径100ミクロン以下の粒子状物質のことである。煤塵は煤煙のひとつで、すすや燃えかすの固体粒子状物質のことをいう。

Oxide、NOx) の発生が深刻であり、主要都市の SO₂ 濃度及び TSP 濃度は国家基準を満たせないほど悪化していた。

本事業対象の重慶市の都市部においても、工業化や自動車台数の増加などに伴う深刻な大気汚染等の問題に直面していた。石炭に依存したエネルギー構造、重化学工業中心の産業構造等により、石炭燃焼の排ガスによる大気汚染が深刻化し、SO₂ の濃度は、都市居住地域に適応される国家環境大気質基準 2 級⁵（以下、国家 2 級基準）を大幅に超えていた。このような背景のもと、「環境モデル都市構想」のモデル都市の 1 つとして重慶市が選定され、本事業が実施されることとなった。

1.2 事業の概要

重慶市⁶において、1) 天然ガス供給システムの拡張（以下、天然ガス供給サブプロジェクト）、2) 天然ガススタンドの建設、3) 重点汚染源自動モニタリングシステム⁷の整備、4) 重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置の 4 つのサブプロジェクトを実施することにより、大気質の改善を図り、もって重慶市の環境改善に寄与する。重慶市の本事業位置図を図 1⁸に示す。



図 1 案件位置図

⁴ 窒素酸化物は石炭等の燃焼や自動車の走行に伴って発生する汚染物質であり、光化学スモッグの発生要因の一つである。

⁵ 1996 年に批准された現行の基準（GB3095-1996）。3 級に分けられ、1 級が一番厳しい基準。自然保護区には 1 級、商業地区、住宅地区、農村地区、一般工業地区には 2 級、特定工業地区には 3 級が適用される。

⁶ JICA 審査時資料では、重慶市中心地域をモデル地区とする記述があるため、中心地域が主な対象地域と考えられる。しかし、汚染源モニタリングシステムの一部が郊外に点在し、かつ審査時資料及び M/D の事業目的でも対象地域を「重慶市」と記載していることから、「重慶市」とした。

⁷ 化学工場や発電所、下水処理場等の重点汚染源の排気と排水を自動でモニタリングするシステム。本事業で整備したシステムは、モニタリングセンターや重点汚染源の排気・排水モニタリング設備等で構成される。アウトプットの詳細は、効率性参照。

⁸ 重点汚染源自動モニタリングシステムサブプロジェクトはモデル地区全体を対象とするため、地理上の位置は記載していない。天然ガス供給サブプロジェクトもモデル地区全体を対象としているが、ガス貯蔵ステーションのみ記載した。天然ガススタンドサブプロジェクトは取消となったため、記載していない。

円借款承諾額 / 実行額	第一期 4,412 百万円/4,257 百万円 第二期 3,289 百万円/876 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	第一期 2000 年 3 月/2000 年 3 月、第二期 2001 年 3 月/2001 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75 % 返済 40 年（据置 10 年）、二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府/重慶市人民政府
貸付完了	第一期 2009 年 12 月、第二期 2007 年 4 月
本体契約	China National Precision Machinery Import and Export Corp.
コンサルタント契約	なし
関連調査等（フィジビリティ・スタディ：F/S）（if any）	天然ガススタンド：重慶鋼鉄設計院（2000 年 4 月）、重慶発電所脱硫装置：西南電力設計院（1999 年 11 月）、モニタリングシステム：重慶建築大学建築設計院（1999 年 8 月）、天然ガス供給のガス貯蔵ステーション部分：中国市政華北設計研究院、パイプライン部分：中興集団、国際工程集団、重慶設計研究院、自動制御部分：重慶自動化研究所（2000 年～2001 年）、以上 F/S 実施。 モニタリングシステム：SAPROF 実施（2000 年 3 月）。
関連事業（if any）	大阪市は自治体間協力として天然ガスの高度利用に関する技術協力を進めており、本事業はその基礎のうえに実施された。また、大阪市は重慶市のニーズを踏まえ、自動供給システムなどのガス供給技術、ボイラー・炉など工業分野の燃焼技術、ガス漏れなどの検知技術に関する共同研究を行った。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

三浦順子（グローバルリンクマネジメント株式会社）

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 8 月～2012 年 9 月

現地調査：2011 年 11 月 13 日～26 日、2012 年 3 月 5 日～15 日

2.3 評価の制約

本事業のサブプロジェクトのうち、天然ガス供給サブプロジェクトは、市街区の中小ボイラーの天然ガス転換事業⁹の実施を推進することで、大気汚染物質の排出量削減を目指した。しかし、転換事業は本事業対象外であり、また、転換事業の完了から長期間経過しているため、転換された中小ボイラーの台数の実績と完了時期について報告書等による確認はできなかった。そこで、JICA 内部資料と重慶市環境保護局への聞き取り調査により確認し、評価を行った。

⁹ 計画段階では、天然ガス転換事業も本事業の対象とすることが検討されたが、中小ボイラーが広範囲に分散しているため時間がかかる、中小ボイラー所有者が中小零細企業であるため外貨による借款事業になじまない、等の理由から対象から削除された。出所：JICA 審査時資料。

3. 評価結果（レーティング：A¹⁰⁾

3.1 妥当性（レーティング：③¹¹⁾

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 審査時の開発政策

審査時（2000 年）の国家第 9 次環境保護 5 ヶ年計画（1996 年～2000 年）においては、主要な汚染物質の総排出量の 1995 年レベルへの削減、工業汚染源における排出基準値の達成等を目標としていた。中国政府は、1995 年大気汚染対策法¹²⁾の改正により「SO₂ 汚染抑制区」、「酸性雨抑制区」¹³⁾を導入、1998 年に地域を指定して重点的に汚染対策を実施した。第 10 次環境保護計画（2001 年～2005 年）においては、より一層環境改善を図るため、主要汚染物質の総排出量の 2000 年比 10%削減、上記 2 つの抑制区では SO₂ の総排出量の 2000 年比 20%削減を目標とした。

重慶市の第 9 次環境保護 5 ヶ年計画（1996 年～2000 年）及び 2010 年長期計画では、年平均大気汚染濃度に関して、2005 年までに国家 2 級基準の達成を目標としていた。目標値は以下の通り。

表 1 重慶市の年平均大気汚染濃度の目標

単位：mg/m³

汚染物質	国家 2 級基準	2000 年	2005 年	2010 年
SO ₂	0.06	0.15	0.06	0.06
TSP	0.20	0.25	0.20	0.20
NO _x	0.05	0.07	0.05	0.05

出所：JICA 審査時資料

上記の目標達成に向けた対策として、1) クリーン燃焼技術と燃焼施設の改良、2) 民生用燃料の天然ガス化の推進、3) 排煙脱硫プロジェクトの推進の方針が打ち出された。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

国家第 11 次環境保護 5 ヶ年計画（2006 年～2010 年）では、SO₂ 排出量の 10%削減、現行の同第 12 次計画（2011 年～2015 年）では、SO₂ 排出量の 8%削減を拘束性の目標として掲げた¹⁴⁾。第 11 次計画における全国の SO₂ 排出量削減目標 10%は 2,294 万トンに相当し、第 12 次計画における同目標 8%は 2,086 万トンに相当する。同目標を達成

¹⁰⁾ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

¹¹⁾ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

¹²⁾ 中国の大気汚染対策の基本的枠組みは、大気汚染対策法によって定められている。大気汚染対策法は、1987 年に制定され、1995 年、2000 年に改正された。大気汚染の排出規制の基本は、汚染物質の排出源に対する濃度による規制である。国務院は国家環境大気質基準を設定し、それを達成するため国家排出基準を定めている。また、地方政府は、国が未制定のものについて地方基準を定めたり、国家基準より厳しい地方基準を定めることもできる。

¹³⁾ SO₂ 汚染抑制区は、SO₂ 汚染の深刻な地域、酸性雨抑制区は既に酸性雨が発生しているか、もしくは発生する可能性がある地域である。重慶市の市街区及び一部の県は、酸性雨抑制区に指定されている。

¹⁴⁾ 拘束性の目標は予測性の目標と区別され、法律と同等の効力を持つ。第 11 次 5 ヶ年計画で初めて導入された。

するため省毎に目標が設定されており、重慶市では、前者においては 83.7 万トンから 73.7 万トンに（削減率 11.9%）、後者においては 60.9 万トンから 56.6 万トン（削減率 7.1%）に削減することが目標として掲げられた。

重慶市第 11 次環境保護 5 ヶ年計画（2006 年～2010 年）においては、国家 2 級基準の年間達成日数 290 日を目標とし、SO₂ や排煙、粉塵の削減、自動車排気ガスの規制強化を打ち出した。また、天然ガスに関しては、年間利用量を 2005 年の 36 億 m³ から 2010 年までに 78 億 m³ に引き上げ、全エネルギー消費量における天然ガスの比率を 14.2% から 20% に引き上げることを目標に掲げていた。現行の重慶市第 12 次環境保護 5 ヶ年計画（2011 年～2015 年）においては、環境政策がより一層強化され、主要な汚染物質の年平均大気汚染濃度の国家 2 級基準達成、同基準 2 級の年間達成日数 311 日、酸性雨頻度 45% 以内を目標としている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時においては、重慶市の都市部では、工業化や自動車台数の増加などに伴う深刻な大気汚染等の問題に直面していた。エネルギー源の石炭への依存、重化学工業中心の産業構造等により、石炭燃焼の排ガスによる大気汚染が深刻化しており、SO₂ の濃度は、国家 2 級基準を大幅に超えていた。重慶市の市街区¹⁵及び一部の県は、1998 年「酸性雨抑制区」の指定を受け、汚染対策の強化を図った。これに先んじて、重慶市は、1997 年「重慶市石炭燃焼に伴う二氧化硫黄汚染管理弁法」を制定し、硫黄分 1% 以上の石炭を利用する発電所における脱硫装置の設置などにより SO₂ 削減を義務付けた。特に、本事業対象の九龍発電所西工場は市街区の居住区に隣接していたため、SO₂ や煤塵の削減が望まれていた。

一方、重慶市は天然ガス資源が豊富であり、審査時、中国石油天然ガス公司による天然ガス年間生産量は 36.54 億 m³ で、重慶市への供給量は 20 億 m³（うち工業用大口需要家 14 億 m³、都市ガス 6 億 m³）、四川省と雲南省への供給量は 16.54 億 m³ であった。重慶市第 9 次 5 ヶ年計画（1996 年～2000 年）では民生用燃料のガス化推進を目指していたが、審査時の都市ガス供給能力は 6 億 m³/年と限られていたため、供給能力を拡大する必要性があった。さらに、重慶市は、科学技術委員会クリーン自動車行動第 13 号の制定により、2001 年末までに市街地のすべてのバスやタクシーを天然ガス化することを義務付けたことから、天然ガスの効率的な貯蔵・供給システムの構築が喫緊の課題となった。

右のような大気汚染対策を集中的に実施すると同時に、環境管理能力の強化も急がれていた。2003 年、排污費（汚染物排出費）徴収使用管理条例（国務院令 369 号）が施行され、排污費を適切かつ迅速に算出するため、重点汚染源モニタリングシステムの整備等により汚染物質排出量の正確かつ迅速な測定の必要性が高まった。

審査時以降も、重慶市の都市化、経済発展に伴い、大気汚染対策の必要性は一層高

¹⁵ 渝中区、江北区、沙坪壩区、南岸区、九龍坡区、大渡口、渝北区等。

まっており、審査時には義務付けられていなかったオンラインのモニタリングシステムの設置も、現在は各省/市に義務付けられている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時、国際協力機構（JICA、当時 JBIC）の海外経済協力業務実施方針において、環境を対中国円借款の重点 3 分野の 1 つとしていた。また、同行の国別業務実施方針においても、中国の環境問題を地球規模的問題と位置づけ、大気汚染対策などを通じた支援を重点的に検討する方針としていた。日本政府の対中経済協力計画（2001 年）では、環境、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度づくり、技術移転等を優先分野とし、「環境問題等、地球規模の問題に対処するための援助協力」を最重要課題としていた。また、本事業は、1997 年、日中首脳会談（当時、橋本龍太郎首相と李鵬首相）にて提唱された「環境モデル都市構想」に沿って実施されたものであり、日本の援助政策との整合性は高い。モデル都市の選定にあたっては、深刻な大気汚染状況（重慶市、貴陽市）、過去の日中協力実績（大連市）が考慮された。

以上より、本事業の実施は中国の開発政策、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（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用・効果指標

(1) 大気汚染物質排出量及び削減量

【天然ガス供給サブプロジェクト】

本事業は、天然ガス供給サブプロジェクト（本事業対象）により、市街区の中小ボイラーの天然ガス転換事業（本事業対象外）の実施を推進することで、大気汚染物質の排出量削減を目指した。したがって、本調査では、本事業及び転換事業が計画どおり実施されたか確認することとした。表 2 に、大気汚染物質排出量の計画と実績、表 3 に、表 2 の根拠となった、ボイラー転換事業実施前後の熱源毎の石炭消費量、SO₂、TSP、NO_x の排出量を示す。

表 2 重慶市街区の中小ボイラーからの大気汚染物質排出量（計画/実績）

単位：トン/年

指標	基準	事業完成後の計画	事業完成後の実績
	2000 年	2003 年	2001 年
SO ₂	274,000	194,980 (-79,020)	194,980
TSP	43,000	29,830 (-13,170)	29,830
NO _x	32,100	27,470 (-4,630)	27,470

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は重慶市環境保護局への聞き取り調査。

注：（ ）内の数字は、本事業により推進される中小ボイラーの天然ガス転換事業を通じて達成される削減量の試算。

表3 重慶市街区のボイラー転換事業実施前後の熱源毎の石炭消費量、
SO₂、TSP、NO_xの排出量

単位：トン/年（ボイラーの台数を除く）

種別		大型ボイラー転換事業	中小ボイラー転換事業（本事業の効果として想定）				
項目		>10t/hボイラー	10t/h以下ボイラー	湯沸かし器	かまど	家庭用	合計
台数(台)		30	1,153	1,500	18,500	18万戸	
石炭消費量	事業前	3,013,000	867,000	197,000	179,000	144,000	4,400,000
	事業後	0	0	0	0	36,900	36,900
	削減量	3,013,000	867,000	197,000	179,000	107,100	4,363,100
SO2	事業前	191,000	49,000	13,100	11,600	9,300	274,000
	事業後	0	270	40	1,210	2,460	3,980
	削減量	191,000	48,730	13,060	10,390	6,840	270,020
TSP	事業前	28,900	7,500	2,500	2,300	1,800	43,000
	事業後	0	120	20	260	530	930
	削減量	28,900	7,380	2,480	2,040	1,270	42,070
NOx	事業前	25,700	5,300	600	260	240	32,100
	事業後	0	1,460	190	40	80	1,770
	削減量	25,700	3,840	410	220	160	30,330

出所：JICA 審査時資料に基づいて作成。

本事業が計画どおり完成したこと（効率性のアウトプット参照）、中小ボイラー転換事業が2001年6月に完成¹⁶したことから、目標値は達成されたと判断される。ただし、評価の制約で述べたとおり、転換された中小ボイラーの台数の実績と完了時期については、報告書等による確認ができなかったため、JICA 内部資料と重慶市環境保護局への聞き取り調査により確認し、評価を行った。

なお、審査時には中小ボイラー（10t/h 以下）の天然ガス転換事業による効果までを想定していたが、10t/h より大きい大型ボイラーの転換事業も2006年までに完了し¹⁷、かつ天然ガス供給戸数（一般家庭）も過去10年で56万戸から260万戸に増加していることから、大気汚染物質が本事業の目標値以上に削減されたことが推測される。

【重慶九龍発電所西工場排煙脱硫装置サブプロジェクト】

SO₂排出量の基準、計画、実績を表4に示す。SO₂排出量の前提となる発電量についても参考として下表に示した。

表4 発電量及びSO₂排出量（計画/実績）

単位：年間発電量はGWh、SO₂はトン/年

指標	基準 (注1)	事業完成後の 計画 (注2)	実績						
			2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
発電量 (参考)	1,163	1,000～1,200	1,152	1,224	1,049	814	975	1,060	1,203
SO ₂ 排出量	40,000	2,000 (-38,000)	23,064	8,052	4,129	4,055	4,242	3,709	2,921

出所：基準値と目標値はJICA 審査時資料。実績値は、重慶九龍電力質問票回答。

注1：年間発電量は1997年の実績。SO₂排出量は2000年の実績。

注2：発電量については需要予測。SO₂の（ ）内の数値は、石灰石膏法脱硫装置の設置による削減を想定に基づいて計算した削減分を示す。

¹⁶ JICA 内部資料。

¹⁷ 重慶市環境保護局への聞き取り調査。

発電量は、2008 年、2009 年に需要が減少したのを除いて、ほぼ計画通りである。

SO₂ 排出量が 2005 年、2006 年に高いのは、排煙脱硫装置の試運転及び調整が行われたためである。事業完成 2 年後にあたる 2007 年から 2010 年の SO₂ 排出量は約 4,000 トン/年で推移しており、計画の 2,000 トン/年に及ばないが、基準値からの削減量は約 3.6 万トン/年で、計画比約 95% (3.6 万トン÷3.8 万トン) である。また、事後評価時の 2011 年の SO₂ 排出量は 2,921 トン/年であり、削減量は 37,079 トン/年で、計画比 97% (3.7 万トン÷3.8 万トン) である。以上から、目標はほぼ達成されたと判断される¹⁸。なお、SO₂ 排出基準は審査時より厳しくなっており、2001 年の排出基準は 8,250 トン/年であったが、2011 年は 4,000 トン/年となった。2011 年の SO₂ 排出量は現行の基準を満たしていることから、問題ないと言える。

(2) 重点汚染源モニタリングシステムの稼働時間

重点汚染源モニタリングシステムは、メンテナンスによる停止時間を除き、計画通り、24 時間 365 日、計 8,760 時間/年、稼働している¹⁹。サブプロジェクトの実施主体は重慶市環境保護局であり、モニタリングシステムの運営・維持管理（ネットワークや送信設備の維持管理、データ収集等）は重慶市環境保護信息中心（環境保護局の下部組織）が行っている。また、各重点汚染源の観測設備の日常点検、清掃、機材の校正や修理は、重慶佳興環境工程有限公司に委託している。（アウトプットの詳細は効率性参照）。



中央モニタリングセンター 重点汚染源及び観測項目一覧 鶏冠石下水処理場の監視カメラのリアルタイムの映像

(3) 重慶九龍発電所西工場排煙脱硫装置の脱硫効率

表 5 に重慶九龍発電所西工場の脱硫効率の計画と実績を示す。2005 年の事業完成から事後評価時の 2011 年までの脱硫効率は 89.5%～94.5%で推移しており、計画値（95%以上）を若干下回った。しかし、2005 年以降、常に計画値の 9 割以上を維持しており、2011 年の脱硫効率も計画の 96% (91.4%÷95.0%) である。よって、目標はほぼ達成されたと判断される。

¹⁸ TSP 排出削減量も指標として設定されていたが、TSP 削減の前提となる集塵機などが本事業の内貨、外貨いずれにも含まれていないことが審査時資料及び九龍発電所への聞き取り調査により確認されたことから、評価対象外とした。

¹⁹ 出所：重慶市環境保護局質問票回答。

表 5 脱硫効率（計画/実績）

単位：％

指標	事業完成後の計画	実績						
		2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
脱硫効率	95.0%以上	94.5	91.9	91.4	92.0	89.5	91.3	91.4

出所：重慶九龍電力公司質問票回答。



重慶九龍電力西工場全貌



設置された脱硫装置全貌



中央管制室

3.2.2 定性的効果

3.2.2.1 天然ガスの供給量および供給戸数の増大

指標としては設定されていないが、本事業などにより重慶燃気公司による天然ガスの供給量や供給戸数の増大が確認された。供給量及び供給戸数の計画と実績を表 6 と 7 に示す。供給量は 2001 年～2010 年の間に約 3.3 倍に増加した。同じく 2001 年～2010 年の間に、一般家庭の供給戸数は約 4.9 倍、公共施設・工場等の供給戸数は約 9.2 倍になった。

表 6 天然ガス供給量（基準/計画/実績）

単位：m³/年

	基準（2001 年）	計画（事業完成）	実績（2010 年）
ガス供給量	約 5.83 億	約 15.54 億	約 20 億

出所：基準は JICA 審査時資料。実績は重慶燃気集团公司提供データ。

表 7 天然ガス供給戸数（基準/実績）

単位：戸

	一般家庭		公共施設・商業施設・工場	
	基準（2001 年）	実績（2010 年）	基準（2001 年）	実績（2010 年）
供給戸数	約 53 万	約 260 万	6,505	約 60,000

出所：基準は JICA 審査時資料。実績は重慶燃気集团公司提供データ。

このほか、同公司是ガススタンドに対しても天然ガスを供給している。事前評価時の重慶市内の天然ガススタンドは 9 ヲ所であったが、2001 年に重慶市内のタクシー及びバスの天然ガス化が義務付けられたことにより、事後評価時、重慶市の天然ガススタンドは 70 ヲ所以上である²⁰。

²⁰ 出所：重慶燃気集团公司への聞き取り調査。天然ガススタンドは、中国石油、中国石油化学、重慶燃気集团/重慶市公共交通集团（合併）など複数の企業により運営されている。



頭糖ガス貯蔵ステーション 自動制御 (SCADA) システム²¹
濾過機
で見た天然ガス供給状況
(赤い部分が供給先)

重慶市内の天然ガスの
路線バス
(本事業対象外)

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 重慶市における大気質の改善

1996 年から現在まで適用されている国家 2 級基準では、審査時に本事業の成果指標として設定された SO₂、TSP、NO_x の年平均濃度のほか、吸入可能粒子状物質²² (Particulate Matter less than 10 micron、以下 PM10) や二酸化窒素 (Nitrogen Dioxide、以下 NO₂) 等の平均濃度の限界値を定めている。重慶市では他の都市と同様、TSP、NO_x に代わり、PM10、NO₂ を主要指標としてモニタリングしており、本調査で得られたデータも SO₂、PM10、NO₂ である。したがって、表 8 に、SO₂、TSP、PM10、NO_x、NO₂ の基準、計画、実績を示す。

また、表 8 のとおり、JICA 審査時資料には基準のデータとして、1999 年の「重慶市」の年平均大気汚染濃度が記載されているが、重慶市全体のデータか、重慶市市街区のデータか不明である。事後評価時、重慶市環境保護局から得られた実績データは重慶市市街区の年平均大気汚染濃度であり、単純に比較できない。よって、本調査では計画 (国家 2 級基準) と重慶市市街区の SO₂、PM10、NO₂ の実績を比較する。

表 8 重慶市 (市街区) の年平均大気汚染濃度 (基準/計画/実績)

単位: mg/m³

項目	重慶市基準	計画 (国家 2 級基準)	重慶市市街区実績			
	1999 年	2005 年 / 2010 年	2005 年	2009 年	2010 年	2011 年
SO ₂	0.171	0.060	0.073	0.053	0.048	0.038
TSP	0.204	0.200	NA	NA	NA	NA
PM10	NA	0.100	0.120	0.105	0.102	0.093
NO _x	0.062	0.050	NA	NA	NA	NA
NO ₂	NA	0.040	0.048	0.037	0.039	0.032

出所: 基準と計画は JICA 審査時資料。実績は重慶市環境公報、重慶市環境保護局提供データ。

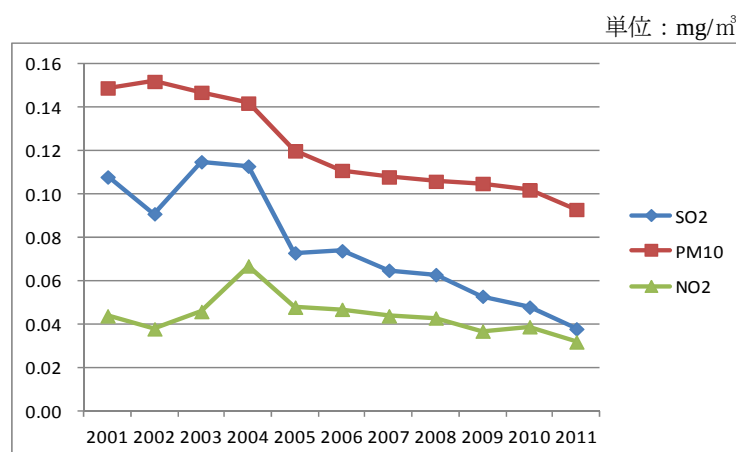
注: 計画は重慶市環境保護第 9 次 5 ヶ年計画 (1996-2000 年) 及び 2010 年長期計画における数値。

²¹ 地理的に分散している天然ガスパイプラインなどを一元的に監視制御するシステム。

²² 空気動力学径 10 マイクロメートルにおいて捕集効率が 50% となる粒子であり、世界的に一般に用いられる定義。

重慶市環境保護第9次5ヵ年計画（1996年～2000年）及び2010年長期計画では、本事業を含む環境改善対策等により、2005年までに国家2級基準達成を目指していた。表8のとおり、2005年時点では、SO₂、PM10、NO₂、いずれの項目も計画を達成しなかった。しかしながら、本事業完成の2009年、SO₂とNO₂が計画を達成し、事業完成2年後にあたる2011年には、PM10も計画を達成した。

2001年～2011年までの年平均大気汚染濃度の推移を図2に示す。図2のとおり、SO₂とNO₂は2002年から2004年にかけて濃度が上昇していたが、2005年以降減少傾向にある。PM10は2001年から2004年まで横ばいだったが、2005年以降減少傾向にある。



出所：重慶市環境公報、重慶市環境保護局提供データ。

図2 重慶市市街区の年平均大気汚染濃度（実績）

また、指標としては設定されていないが、国家2級基準の年間達成日数は下表のとおりである。重慶市第11次5ヵ年計画（2006年～2010年）の目標は290日であり、2008年以降毎年目標を達成している。同第12次計画（2011年～2015年）の目標は311日であり、2011年は目標を達成した。

表9 国家基準2級達成年間日数

単位：日

年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
日数	207	221	238	243	266	287	289	296	303	311	324

出所：重慶市環境公報、重慶市環境保護局提供データ。

以上から、重慶市市街区の大気質は改善したと判断される。汚染物質削減を目的として市街区で実施されたサブプロジェクトは2案件のみであることから、大気質の改善への直接的な定量的貢献は限定的であると考えられる。京都大学大学院が実施した、JICA（当時JBIC）受託研究「中国環境円借款貢献度評価に係る調査－中国環境改善への支援（大気・水）－」（2005年）の試算では、2003年の重慶市のSO₂総排出量（約105万トン）に占める本事業による削減量（約11.4万トン）の割合見込みは10.8%であった。しかしながら、いずれのサブプロジェクトも定量的には測れない重要な役割を

果たした。重慶九龍発電所西工場は小規模であるが、市街区における大気質改善の重要性から、重慶市内の発電所 30 カ所のうち、2 番目に脱硫装置が設置され、特に市街区の SO₂ 削減に貢献した。また、天然ガス供給サブプロジェクトは、中小ボイラーの天然ガス転換のみならず、2001 年に天然ガス化が義務化されたタクシー、バスに安定的に天然ガスを供給することで、SO₂ や TSP の削減に寄与したと考えられる。

3.3.1.2 市民の大気質改善に関する認識・評価

重慶九龍発電所西工場のある九龍坡区黄桷坪地区の住民 50 人、沙坪壩区の住民やタクシードライバーなど 50 人（計 100 人²³）に対して受益者調査を実施した。

受益者調査によると、75%が（大気質が）大幅に改善した、24%がやや改善した、1%が変化なしと回答し、悪化したという回答はゼロだった。改善し始めた時期については、2005 年 27%、2006 年 51%、2007 年 11%と、2005 年～2007 年頃から改善し始めたという回答者が約 9 割を占めた。この時期は重慶市の年平均大気汚染濃度が下がった時期とも一致する。

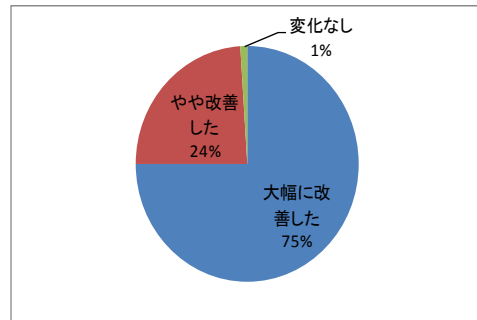


図3 大気質改善に関する市民の認識 (N=100)

大気質改善の理由としては、下記が挙げられた（複数回答可）。家庭における石炭の利用の減少（63%）、工場の郊外への移転（60%）、工場による石炭の利用の減少（42%）、工場からの汚染物質排出に対する規制（35%）、工場からの汚染物質の先進技術による減少（32%）、自動車からの排ガスに対する規制（7%）。63%の回答者が「家庭における石炭の利用の減少」を理由として挙げた背景には、天然ガスが家庭に広く普及していることが考えられる。

3.3.1.3 大気質改善による生活環境の改善

大気質改善の効果として、以下が挙げられた（複数回答可）。埃による衣類の汚れが減った（61%）、洗濯物を屋外に干すことができるようになった（45%）、目の痛みや咳が減った（10%）、埃よけ用マスクやサングラスの使用頻度が減った（1%）。

3.3.1.4 行政の環境管理能力の向上

重慶市政府は、2003 年の排污費徴収使用管理条例に基づき、2007 年、排出基準を超えた企業に対して観測データに基づいて日割りで罰金を科すことを定めた「重慶環境保護条例」を發布した。本事業は、重点汚染源の自動モニタリングシステムの整備により環境モニタリング能力の向上に貢献すると共に、リアルタイムの客観的データに基づく排污費の徴収や排出量データの環境行政での活用を可能にした。同システムを

²³ 所有車の種類についても確認したところ、ガソリン車 21 人、ハイブリッド 0 人、天然ガス車 14 人、車を持っていないが 65 人だった。天然ガス車の所有者はタクシーやバスドライバーだった。

導入する以前は、観測員が各重点汚染源を定期的に訪問し、簡便な機材を用いてデータを収集・記録していた。データをオンラインでモニタリングセンターに伝送するシステムでなかったために、汚染物質の排出データと企業の排出行為との因果関係を示す証拠が十分でなく、企業に罰金を科す際に支障が生じることがあった。現在、排出量のデータは、排污許可証の発行、排污費や罰金の徴収、補助金の割り当て、排出総量規制などの環境行政や政策決定に広く利用されている。事業完成后、本事業により整備されたモニタリングシステムのプラットフォームと重点汚染源計 30 ヶ所は、自己資金で 7 つのサブモニタリングセンターと 300 企業 400 ヶ所に連結され、重慶市の環境行政の主要な管理ツールとなっている。

コラム 排污費徴収制度実施における 重点汚染源自動モニタリングシステムが果たす役割

中国の排污費徴収制度は、ドイツの制度を参考に 1979 年の環境保護法において規定され、現行の制度は 2003 年の排污費徴収使用管理条例に基づいている。2003 年以前の制度では、汚水、排ガス、固体廃棄物に関して、基準排出量からの超過分についてのみ排污費を支払っていたのに対し、2003 年以降の制度では汚染排出量の総量に対し排污費を支払うこととなった。さらに基準を超えて排出する場合は罰金が科せられることになった。また、対象となる汚染物質も 1 種類から 3 種類に増え、汚染物質の種類ごとに汚染当量が計算され、合計して排污費を算出されることになった。排污費の用途は、①重点汚染源における汚染の防止及び処理、②広域汚染の防止及び処理、③汚染の防止または処理する新技術の開発、普及及び応用、④国務院が定める汚染の防止及び処理、の 4 つである。

現行の制度では、基準は守っていても排出総量に応じて排污費の支払額が増加するため、企業にとっては以前の制度より負担が増した。それゆえ、企業の理解を得るうえでも、自動モニタリングシステムによる排出量の客観的な把握がより一層重要になったと言える。一方、罰金に関しては、自動システムの導入により、各企業が正確かつリアルタイムに排出量を把握したり、事前に措置を講じたりすることができるようになったことで、罰金の発生が最小限に抑えられるという企業側にとっての経済的メリットも指摘されている。例えば、重慶市のモニタリングセンターでは、排出量が基準を超えた場合、自動的に検知できるように設定されており、即時工場に通知する体制になっている。通知を受けた工場は措置をとる猶予が 3 時間与えられており、3 時間経過しても値が改善しない場合のみ、罰金が課せられるシステムになっている。

排出量データは排污費徴収制度の根幹に関わるものであり、排出量が正確かつリアルタイムにモニタリングされなければ、排污費徴収制度が適切に機能することは難しい。その意味で、重慶市の自動モニタリングシステムの構築をハード面で支えた本事業は、排污費徴収制度の実施にも一定の貢献をしたと言える。

参考文献： JICA（当時 JBIC）受託研究「中国環境円借款貢献度評価に係る調査－中国環境改善への支援（大気・水）－」、京都大学大学院、2005 年、及び重慶市環境保護局質問票回答。

3.3.2. その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

天然ガス供給サブプロジェクトでは、建設期間中、ガスステーションのコンプレッサーの騒音を抑制するため、防音設備を設置した。また、施工管理の徹底により、工事による粉塵、騒音、土壌流出等を抑制した²⁴。重点汚染源モニタリングシステムのサブプロジェクトでは、大規模な工事は行われておらず、特に問題も指摘されていない。重慶九龍発電所西工場には、上記サブプロジェクトにより排気自動観測点が設置され、環境モニタリングも適切に行われている。受益者調査結果によると、西工場のある九龍区の住民全員が、排煙脱硫装置の設置期間中、騒音や振動などの問題はなかったと回答した。排煙脱硫装置からの排出物（石膏、廃水等）の処理は重慶電場に委託し、適切に行われている。また、石膏は年間約 13 万トン排出されており、重慶沽宇脱硫石膏综合利用有限公司により凝固材として再利用されている²⁵。

実施主体への質問票及び受益者調査の結果から、その他自然環境へのマイナスのインパクトは認められなかった。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

天然ガス供給サブプロジェクトの住民移転と用地取得の計画と実績を表 10 に示す。用地取得はほぼ計画通りであった。住民移転については、計画の 100 人に対して実績は 80 人であった。減少した理由として、審査時予定していた五台山ガス貯蔵ステーションが取消しとなったこと、六店子ステーションの取得用地が計画地と若干ずれたこと等が考えられるが、詳細は不明である。実施主体によると、住民移転の手続きは重慶市土地資源局により実施され、補償金は土地法に基づき適切に支払われたとのことである²⁶。受益者調査においても、特に問題は指摘されなかった。その他のサブプロジェクトでは住民移転及び用地取得は生じていない。

表 10 住民移転と用地取得（計画/実績）

住民移転		用地取得	
計画	実績	計画	実績
100 人	80 人	約 6ha	6.03ha

出所：計画は JICA 審査時資料。実績は重慶燃気公司質問票回答。

3.3.2.3 その他正負のインパクト

重慶市環境保護局は、本事業を通じて全国に先駆けて汚染源自動モニタリングシステムという新しい管理方法を導入し、同システムの運用の義務化に成功した²⁷。これにより、パイオニアとして蓄積したシステムの管理方法や設備の仕様に関する知見と経

²⁴ 出所：重慶燃気集团公司質問票回答。

²⁵ 出所：重慶九龍発電所質問票回答。

²⁶ 出所：重慶燃気集团公司質問票回答、聞き取り調査。

²⁷ 一般大気環境モニタリングについても、1994 年から市内 5 ヶ所において自動モニタリングシステムを運用している。

験を国家環境保護部に提供することが可能となり、結果として中国における同システムの普及にも貢献したとのことである。また、四川省、広西省、山西省等多数の環境保護局が重慶市のシステムの視察に訪れており、システム構築の参考にしている。

重慶市環境保護局によると、自動モニタリングによる 24 時間監視により、企業は自発的に汚染物質の削減に努めるようになり、結果として大気質や水質の改善や長江三峡貯水区の生態系の保護にも寄与しているという見解を示している。また、リアルタイムの監視は、企業側にとっての経済的効果のほか、廃水の垂れ流し等環境災害のリスク低減による経済的・社会的な効果ももたらしたという意見が聞かれた²⁸。

労働安全面でも、自動モニタリングシステム設置によるプラスのインパクトが確認された。事業完成前は、定期測定や機材の点検を目的として、発電所の排煙のサンプルをとるため、職員は高さ 200 メートル以上の煙突に頻繁に登る必要があった。このため、職員が煙突から落下して怪我をする事故も後を絶たなかった。本事業を通じて自動モニタリング機材が地上に設置されたことから、煙突での人手による排出量測定も 3 ヶ月に 1 回の比較試験のみとなり、かつ機材の点検も地上で行えるようになったことから事故も減った。また、職員が直接排水や排ガスに接触することが減ったことから、健康被害の減少にも寄与したとのことである。

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

アウトプットの計画と実績、変更理由を表 11 に示した。4 つのサブプロジェクトのうち、2 件に計画の変更が生じ、1 件は事業取消となった。しかし、天然ガスシステムとモニタリングシステムの変更・追加は事業目的にかなうものであり、天然ガススタンド事業に関しても、事業を取り巻く環境が変化する中、日中双方がその都度可能な措置を検討・対応してきたことから、取り消しは妥当であったと判断される。

²⁸ 出所：重慶市環境保護局からの質問票回答。

表 11 アウトプット（計画/実績）

項目	計画	実績
1) 天然ガス供給	ガス貯蔵タンク 8 基（1 万 m ³ ×6 基、5 千 m ³ ×1 基、1 千 m ³ ×1 基、計 6.6 万 m ³ ）、自動制御システム、パイプライン約 262km、技術指導等。	ガス貯蔵タンクは、1 千 m ³ ×1 基の取消以外は計画通り。自動制御システムは計画通り。パイプラインは約 371km に増加。パイプラインの増加理由は、都市計画の調整によりガス管網布設が必要な地域が当初計画より拡大したこと。
2) 天然ガススタンド	ガススタンド 30 カ所	サブプロジェクトとしては取消。理由は以下の通り。実施機関の経営状況が悪化し、親会社も「ガススタンド 30 カ所の用地を一括して取得するのは困難であり、現状建設可能なサイトが少ないため、事業の経済性が低い」ことを理由に辞退。重慶市政府は実施主体を募ったが、国有企業からの応募はなく、民間企業のみ応募。しかし、実施主体を民間企業に変更する手続きの難しさ、貸付実行期限による時間的制約等から取消となった。
3) 重点汚染源自動モニタリングシステム	中央モニタリングセンター 1 カ所、サブモニタリングセンター 1 カ所、排気モニタリング設備 18 カ所、排水モニタリング設備 18 カ所。	中央及びサブモニタリングセンターは計画通り。排気モニタリング設備は 11 カ所、排水モニタリング設備は 19 カ所に変更。変更理由は、審査から実施までに 2～3 年かかり、その間特に化学工業や電力分野の構造調整が進み、かつ工場の移転なども生じたことにより、対象の工場や箇所に変更が生じた。この他、追加された機材と追加理由は以下のとおり。 ① ビデオ設備 21 カ所：監視能力強化のため。 ② オンラインリモートコントロールシステム：審査時には環境モニタリングに関する法律や技術標準といったものが確立されていなかったが、2003 年 7 月「排污費徴収使用管理条例」が成立し、排出基準の厳格な順守や包括的な環境管理にリモートコントロールシステムが必要と判断されたこと。 ③ 避雷システム：雷によるモニタリング機材への損傷を防ぐため。
4) 重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	既存 200MW 発電設備への排煙脱硫装置の設置	計画通り。

出所：計画は JICA 審査時資料、実績は PCR、質問票回答。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費は当初計画の 18,971 百万円（うち円借款は 7,701 百万円）に対し、実績は 13,327 百万円（うち円借款は 5,133 百万円）で、計画を下回った。中止分を除いた総事業費計画額 16,316 百万円に比して 82%であった。各サブプロジェクトの事業費の計画比は天然ガス供給システム 78%、汚染源自動モニタリングシステム 102%、重慶発電所西工場サブプロジェクト 91%であった。天然ガス供給システムは、ガス貯蔵タンク 1 基の取消、事業実施期間後半に調達したガス貯蔵タンク 4 基について価格の低い国産タンクが調達可能となったこと、競争入札による効率的な発注等により、事業費が計画時の 78%に留まった。重慶発電所西工場サブプロジェクトは、L/A 調印後、重慶市政府の決定に従い、日本から輸入する脱硫装置及び設置に係るコンサルティングサービスのみ外貨を利用し、その他の設備・機材は内貨により調達したところ、事業費が

計画比の 91%に留まった。汚染源自動モニタリングシステムについては、GPS 機器等が追加されたことにより外貨分が増加したものの、内貨分が競争入札による効率的な発注の結果減少したことにより、計画比 102%となった。

3.4.2.2 事業期間

事業期間は、天然ガス供給システムの拡張サブプロジェクトは計画比 169%、汚染源自動モニタリングシステムの整備サブプロジェクトは計画比 167%、重慶発電所西工場サブプロジェクトは計画比 98%であった。遅延理由は以下のとおりである。

表 12 事業期間（計画/実績）

項目	計画	実績
天然ガス供給	2000 年 3 月～2005 年 12 月 (70 ヶ月)	2000 年 3 月～2009 年 12 月 (118 ヶ月、計画比 169%)。 遅延理由は以下の 4 点。 ①準備段階において、六店子のガスタンク当初予定地が周辺民家との消防安全距離を満たさないため予定地が変更になり、全体設計・調達機材を見直す必要性が生じたこと (15 ヶ月の遅延)、②SARS の流行により入札書類準備等の調達手続きが遅延したこと (6 ヶ月の遅延)、③その後、六店子ステーションの周辺環境が整備され、当初計画を復活させることになったため、検討・手続きに時間を要したこと (18 ヶ月の遅延)。④都市計画の調整によりガス管網布設が必要な地域が当初計画より拡大し、布設工事が道路の新設工事にあわせて実施されることになったため、遅延した。
重点汚染源自動モニタリングシステム	2001 年 3 月～2005 年 3 月 (49 ヶ月)	2001 年 3 月～2007 年 12 月 (82 ヶ月、計画比 167%) 遅延理由は、オンラインモニタリングコントロールシステム及び避雷システムの追加による。
重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	2001 年 3 月～2004 年 12 月 (46 ヶ月)	2001 年 3 月～2004 年 11 月 (47 ヶ月、計画比 98%)。

出所：計画は JICA 審査時資料、実績は PCR、質問票回答、JICA 内部資料。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

審査時点において、財務的内部収益率（FIRR）、経済的内部収益率（EIRR）いずれも算定されておらず、費用や便益、プロジェクトライフなどの条件が不明のため、事後評価時においても算定しない。

以上より、本事業は、事業費については計画内に収まり、事業期間については、3 サブプロジェクトのうち 1 件が計画内に収まったものの、2 件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：③）

3.5.1 運営・維持管理体制の体制

実施されたサブプロジェクト 3 件の実施主体の運営維持管理体制は安定している。各実施主体の運営・維持管理体制について表 13 に示す。

表 13 運営・維持管理体制

サブプロジェクト	実施主体	運営・維持体制
天然ガス供給	重慶燃気集团公司	都市部に天然ガスを供給する会社としては中国大手5会社の1つである。天然ガス貯蔵タンクの維持管理は、重慶燃気集团公司が行っている。頭塘と六店子の両ステーションに計65名の職員が勤務している。パイプラインの維持管理は、パイプライン維持管理公司（職員数150名）に委託し、自動制御システムの維持管理は信息中心（職員数70名）に委託している。事故に備えた指揮命令系統も明確である。
重点汚染源モニタリングシステム	重慶市環境保護局	サブプロジェクトシステムの実施主体は重慶市環境保護局であり、モニタリングシステムの運営・維持管理（ネットワークや送信設備の維持管理、データ収集等）は重慶市環境保護信息中心（環境保護局の下部組織）が行っている。また、各重点汚染源の観測設備の日常点検、清掃、機材の校正や修理は、重慶佳興環境工程有限公司に委託している。環境保護信息中心はマネジャー1名、技術者2名、佳興公司是マネジャー1名、技術者8名である。環境保護局によると、職員の数には十分であるとのことである。
重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	重慶九龍電力公司	1994年重慶電力公司から独立した。東工場と第三工場は重慶電力公司が運営し、西工場を重慶九龍電力公司が運営している。運転維持職員は15名で、1組3人で1日4交代制である。

出所：PCR、質問票回答、聞き取り調査。

3.5.2 運営・維持管理の技術

実施機関及び委託企業の技術レベルや研修体制は以下のとおり。

表 14 運営・維持管理の技術

サブプロジェクト	運営・維持管理の技術
天然ガス供給	頭塘及び六店子天然ガスステーションの65名の職員のうち、大卒が25名、専門学校卒が40名である。パイプラインの維持管理職員は、150名のうち大卒が50名、専門学校卒が100名。自動制御システムの維持管理職員は、70名全員が大卒。職員の多くが3年以上勤務。また、新入社員研修のほか、技術研修が年2-3回実施されている。 本事業の一部として東京ガスや大阪ガスの専門家による技術指導があった。また、大阪市とガス供給技術やガス漏れなど検知技術に関する共同研究を行った。頭塘ガスステーションでは、年一回防火運動会（消火器などを使った訓練）が実施されている。同ステーションは、中国西部地区都市における最大のガス貯蔵ステーションであり、中国国内最大のステーションの1つであることに加え、重慶市ガス業実践訓練基地及び国家職業技能鑑定所となっており、様々な企業・機関が全国から視察に訪れている。
重点汚染源モニタリングシステム	中央モニタリングセンターの職員に対しては、国家環境保護部から講師を招いて年4回程度研修を実施。サブモニタリングセンターの職員に対しては、中央モニタリングセンター職員が講師として年2回程度研修を実施。環境保護局によると、環境保護信息中心、佳興公司いずれも、技術レベルは十分であるとのことである。
重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	ドイツ政府借款により重慶発電所第3工場に設置した排煙脱硫装置と同じ方式であるため、技術的に問題はない。運転維持職員の多くが専門学校卒である。毎年安全生産や技術に関する試験に合格することが義務付けられている。

出所：PCR、質問票回答、聞き取り調査。

いずれにおいても、必要な数の技術者が配置され、技術指導も適切に行われている。特に、汚染源モニタリングシステムに関しては、インパクトで述べたとおり、2012 年時点で 400 ヶ所以上の汚染源がシステムに接続されていることから、技術的自立発展性が高いと言える。汚染源自動モニタリングシステムは、審査時全国でも例がなかったため、試行錯誤のうえ、システムの設計や仕様、温度管理等に関する知識・経験を蓄積した。時間はかかったが、事業完成後独自に発展させ、他の都市にノウハウを共有できるまでになったことは特筆に値する。

3.5.3 運営・維持管理の財務

【重慶燃気集团公司（旧重慶燃気公司）】

財務諸表は得られなかったものの、2012 年に上場予定であることから財務基礎は安定していると推測される。重慶燃気集团公司によると、上場は債権債務関係にも影響はないとのことである。過去に赤字に陥ったことはなく、毎年維持管理費用は十分確保されているとのことである²⁹。維持管理・修理費は2009年実績で200 万元であった³⁰。ガス料金は以下のとおりである。

表 15 ガス料金

単位：元/m³

カテゴリー	審査時	事後評価時
家庭用	1.06	1.72
公共施設	1.70	2.29（注）
商業用	2.00	2.24
工業用	0.753	2.29

出所：審査時の数値は JICA 審査時資料、事後評価時の数値は重慶燃気公司質問票回答。

注：ただし、学校の給食センターのガス料金は家庭用と同じ。

天然ガス供給は、原材料費が相対的に安価でかつ単位当たり熱供給量が大きいことから、運転費用は相対的に低い。表 16 のとおり、2005 年の試算でも、重慶燃気公司（当時）の場合、家庭用ガス料金 1.1 元/m³に対して、運転・維持管理費用が 1.06 元/m³となっており、中国の他都市のガス料金より低く設定しても運転費用を回収できている。

表 16 ガス供給の維持管理費と家庭用ガス料金

（元/m³）

地域	維持管理費	家庭用ガス料金
包頭石炭ガス	0.65	0.8
フフコ石炭ガス	1.24	0.8～1.4
柳州 LPG ガス	9.00	4.0
長沙 LPG ガス	4.90	3.8
重慶天然ガス	1.06	1.1

出所：前出 JBIC 受託研究（2005 年）

²⁹ 出所：重慶燃気集团公司質問票回答。

³⁰ 出所：PCR。

【重慶市環境保護局】

モニタリングシステムの維持管理に必要な予算（管理費、人件費、車両費、機材の更新等）は毎年重慶市政府から配分されている。2006 年～2008 年の運営維持管理費実績は、下表のとおりであり、予算額に対する実績額は 94%～104%である。事業完成（2007 年 12 月）以降、自己資金で重点汚染源の観測点を大幅に増加したことから、2008 年以降維持管理費は増加した。2009 年以降の維持管理費は毎年約 800 万元とのことである³¹。なお、先述したとおり、徴収された排污費の一部は重点汚染源の処理の原資となっている。

表 17 重点汚染源モニタリングシステムの運営維持管理費実績

単位：万元

	システム管理	観測点の維持管理	合計
2006 年	37	15	52
2007 年	45	23	68
2008 年	51	191	242

出所：PCR

【重慶九龍電力公司】

審査時の予定どおり、2000 年に上海市場に上場した。上場後も政府が約 67%の株式を保有し、財務状況は安定している³²。本事業のアウトプットの運転・維持管理費は事業完成（2006 年）以降、毎年 40 百万元程度確保されている³³。

3.5.4 運営・維持管理の状況

いずれのサブプロジェクトも、各設備・機材の維持管理状況、維持管理計画、運行記録、スペアパーツの調達・交換状況を現地視察により確認したところ、特に問題は認められなかった。



頭塘天然ガス貯蔵ステーション
操作マニュアル



同ステーションのフロー図



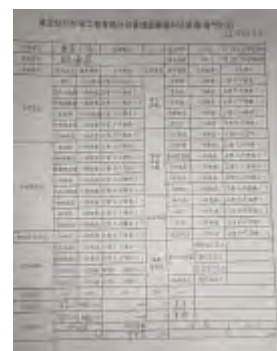
同ステーションの点検中職員

³¹ 出所：重慶市環境保護局への聞き取り調査。

³² 出所：重慶九龍電力公司への聞き取り調査。

³³ 出所：PCR、重慶九龍電力公司質問票回答。

環境モニタリングシステムに関しては、中央モニタリングセンター、重慶発電所の排気観測設備、西南合成製薬第二工場の廃水観測機材の3カ所の視察に留まったため、一般化はできないが、いずれも正常に稼働していた。観測機材の検査・洗浄・交換に関しては、機材毎に頻度（毎週、毎月、毎年等）が細かく決められており、計画に基づいて実施されている³⁴。点検表も確認したところ、計画通り実施されていることが認められた。化学分析器など観測機材の一部は寿命が7-8年であるため、随時新品に交換している。本事業で納入されたメーカーと異なる観測機材を設置した事例があるが、これまで不具合は生じていない。重慶市環境保護局によると、重慶市内にメーカーの代理店があり、部品も容易に購入可能であるとのことである。



西南合成製薬の排水観測機材 重慶発電所の排気観測機材 左記機材の維持管理記録表

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、重慶、大連、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想」の一環として実施された。重慶市は、石炭に依存したエネルギー構造であり、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施や環境モニタリングシステムの整備は喫緊の課題であった。本事業の実施により、大気汚染物排出削減量、脱硫装置の脱硫効率、モニタリングシステムの稼働時間などの目標値が達成し、概ね計画通りの効果の発現が見られる。また、大気質改善による生活環境の改善、環境管理能力の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

³⁴ 出所：PCR、環境保護局質問票回答。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

4.3.1 評価に必要なデータ収集にかかる教訓

本事業では、関連事業による汚染物質排出削減量が有効性の指標として設定された。関連事業の進捗については確認されたが、実績データについては関連事業の完成から10年以上経っていることもあり収集が困難であった。当該事業と関連事業によって複合的に達成される指標を当該事業の有効性の指標に設定する場合、関係部署が関連事業の実績データについて収集しておくことが望ましい。

4.3.2 ニーズに合わせた事業内容の実施（グッドプラクティス）

本事業では、脱硫装置の設置等により重点汚染源からの大気汚染物質の削減を局所的に行いつつも、2000年という早い段階で、重点汚染源オンラインモニタリングシステムの基盤整備を中心に据えるアプローチを採用したことが、より大きな効果をもたらすことになったと考えられる。インパクト及びコラムで述べたとおり、右システムは事業完成以降持続的に拡大し、現在、重慶市の環境行政にとって必要不可欠な管理ツールとなっている。同システムで得られたリアルタイムの客観的データは排污費徴収制度の運用においてのみならず、排出量総量規制など環境行政において広く活用されている。

したがって、環境保護対策を総合的に実施する事業では、大気・水質汚染対策と共に、オンラインモニタリングシステムの構築など、環境管理能力の強化につながるコンポーネントを盛り込むことを検討するとよい。また、環境条例の成立やオンラインシステムの義務化など刻々と変化する状況やニーズに応じて、アウトプットを追加する等、柔軟に対応することもより大きな効果につながる可能性を高めると考えられる。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット		
1) 天然ガス供給システムの拡張	ガス貯蔵タンク8基、自動制御システム、パイプライン約262km、技術指導等。	ガス貯蔵タンクは、1千m ³ ×1基の取消以外は計画通り。自動制御システムは計画通り。パイプラインは約371kmに増加。
2) 天然ガススタンドの建設	ガススタンド30ヵ所。	取消。
3) 汚染源自動モニタリングシステムの整備	中央モニタリングセンター1ヵ所、サブモニタリングセンター1ヵ所、排気モニタリング設備18ヵ所、排水モニタリング設備18ヵ所。	中央及びサブモニタリングセンターは計画通り。排気モニタリング設備は11ヵ所、排水モニタリング設備は19ヵ所に変更。ビデオ設備 21 ヵ所、オンラインリモートコントロールシステム、避雷システムが追加。
4) 重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	既存200MW 発電設備への排煙脱硫装置の設置	計画通り。
② 期間	(I) 2000年3月～2005年12月 (70ヵ月) (II) 2001年3月～2005年3月 (49ヵ月)	(I) 2000年3月～2009年12月 (118ヵ月) (II) 2001年3月～2007年12月 (82ヵ月)
③ 事業費		
外貨	(I) 4,412百万円	(I) 4,257百万円
内貨	826,575万円 (55,105万元)	569,491万円 (40,105万元)
合計	12,678百万円	9,952百万円
うち円借款分	4,412百万円	4,257百万円
換算レート	1元＝15円 (1999年11月現在)	1元＝14.2円 (2000年3月～2009年12月平均)
外貨	(II) 3,289百万円	(II) 876百万円
内貨	300,378万円 (23,106万元)	249,963万円 (17,603万元)
合計	6,293百万円	3,375百万円
うち円借款分	3,289百万円	876百万円
換算レート	1元＝13円 (時期不明)	1元＝14.2円 (2001年3月～2007年4月平均)

0. 要旨

本事業は、大連、重慶、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想¹」の一環として実施された。大連市は、主なエネルギー源を石炭に依存しており、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施は喫緊の課題であった。二酸化硫黄²（Sulfur Dioxide、SO₂）や総浮遊粒子物質³（Total Suspended Particular、TSP）等の大気汚染物質排出量の削減に関して、実績確認ができた 4 件のサブプロジェクトにおいて概ね計画通りの効果の発現が見られた。実施主体と直接実績確認できなかった 1 件についても、入手できた情報の範囲では環境基準を超えて汚染物質を排出している事実は認められなかった。また、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。よって、本事業の有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費が計画を上回り、事業期間も計画を大幅に上回ったため、低い。一方、各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



キルン出口の電気集塵機（右四角部分）

¹ 1997 年日中首脳会談において提唱された。

² 主要な大気汚染物質の 1 つで、石炭や石油等、硫黄を含む燃料の燃焼により発生する気体。酸性雨の原因の 1 つ。

³ 総浮遊粒子物質とは、大気中に浮遊する煤塵等の直径 100 ミクロン以下の粒子状物質のことである。煤塵は煤煙のひとつで、すすや燃えかすの固体粒子状物質のことをいう。

1.1 事業の背景

中国では、1980年代以降順調な経済成長に伴い、工業化と人口増加によって環境汚染が進んだ。とりわけ、工業原料、発電・暖房燃料としての石炭燃焼によるSO₂、TSP、窒素酸化物⁴（Nitrogen Oxide、NO_x）の発生が深刻であり、主要都市のSO₂濃度及びTSP濃度は都市居住地域に適応される国家環境大気質2級基準⁵（以下、国家2級基準）を満たせないほど悪化していた。本事業対象の大連市の都市部においても、急速な工業化や自動車台数の増加などに伴う深刻な大気汚染等の問題に直面していた。大気汚染の程度は貴陽、重慶ほど深刻ではないが、エネルギー源の石炭依存度は69%と高く、冬季におけるSO₂濃度は、国家2級基準を超えていた。このような背景のもと、1997年「環境モデル都市構想」が提唱され、モデル都市の1つとして大連市が選定され、本事業が実施されることとなった。

1.2 事業の概要

大連市において、1) 大連製薬工場（当時）⁶の環境保護対策、2) 塩島化学工業区熱電工場建設、3) 春海熱電工場増設、4) 大連セメント粉塵処理、5) 大連鋼鉄（当時）⁷電炉汚染対策、の5つのサブプロジェクトを実施することにより、大気質の改善を図り、もって大連市の環境改善に寄与する。大連市の本事業位置図を図1に示す。



図1 事業位置図

⁴ 窒素酸化物は石炭等の燃焼や自動車の走行に伴って発生する汚染物質であり、光化学スモッグの発生要因の一つである。

⁵ SO₂、TSP、NO₂など、大気汚染物の濃度などに関して設けられた基準。3級に分けられ、1級が一番厳しい基準。自然保護区には1級、商業地区、住宅地区、農村地区、一般工業地区には2級、特定工業地区には3級が適用される。

⁶ 2000年、大連医薬集団大連製薬場から大連美羅大薬場に変更。

⁷ 2004年、東北特殊鋼鉄公司に変更。

円借款承諾額 / 実行額	第一期 5,315 百万円/2,273 百万円 第二期 3,202 百万円/3,116 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	第一期 2000 年 3 月 / 2000 年 3 月 第二期 2001 年 3 月 / 2001 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75 % 返済 40 年 (据置 10 年)、二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府/大連市人民政府
貸付完了	第一期 2006 年 5 月、第二期 2010 年 7 月
本体契約	Dalian International Company (中国)、丸紅 (日本)
コンサルタント契約	なし
関連調査等 (フィージビリティ・スタディ: F/S)	1) 大連製薬工場の環境保護対策: 上海医薬設計院 (1996 年 6 月)、2) 塩島化学工業区熱電工場建設: 瀋陽有色冶金設計院 (1998 年 5 月)、3) 春海熱電工場増設: 黒龍江省電力設計院 (1998 年 1 月)、4) 大連セメント粉塵処理: 天津水泥工業設計研究院 (1999 年 12 月)、同事業移築に関する F/S: 南京水泥設計院 (2005 年 2 月)、5) 大連鋼鉄電炉汚染対策: 北京鋼鉄設計研究院 (2000 年 3 月)。
関連事業	◆ 北九州市と大連市との都市間環境協力 (1992 年～1995 年)。 ◆ 開発調査「大連市環境モデル地区整備計画」 (1996 年～2000 年)。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

三浦順子 (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 8 月～2012 年 9 月

現地調査: 2011 年 11 月 13 日～26 日、2012 年 3 月 5 日～15 日

2.3 評価の制約

有効性の評価における制約は、以下の 2 点である。

春海熱電工場は、中小ボイラーを大型ボイラーに転換することで、大気汚染物質の排出量削減を目指した。しかし、同事業はすべて自己資金で実施され、その後実施主体も変わり工場も移転したことから、設置された設備の稼働状況や大気汚染物質の排出量削減の実績について確認できなかった。よって、大連市環境保護局の情報により補完して評価を行った。

大連鋼鉄 (当時) 電炉汚染対策事業では、対象設備のみの SO₂ 排出量実績データが得られなかったため、対象設備導入による SO₂ 排出削減量について、審査時に設定された計画値と事後評価時入手できた試算を比較した。

したがって、有効性に関しては、上記の評価の制約を踏まえたうえで、評価判断を行った。

3. 評価結果（レーティング：B⁸）

3.1 妥当性（レーティング：③⁹）

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 審査時の開発政策

審査時（2000 年）の国家第 9 次環境保護 5 カ年計画（1996 年～2000 年）においては、主要な汚染物質の総排出量の 1995 年レベルへの削減、工業汚染源における排出基準値の達成等を目標としていた。中国政府は、1995 年大気汚染対策法¹⁰の改正により「SO₂ 汚染規制区」、「酸性雨規制区」¹¹を導入、1998 年に地域を指定して重点的に汚染対策を実施した。第 10 次環境保護計画（2001 年～2005 年）においては、より一層環境改善を図るため、主要汚染物質の総排出量の 2000 年比 10%削減、上記 2 つの抑制区では SO₂ の総排出量の 2000 年比 20%削減を目標とした。

大連市の第 9 次環境保護計画（1996 年～2000 年）及び 2010 年長期計画では、年平均大気汚染濃度に関して、2005 年までに国家 2 級基準の達成を目標としていた。目標値は以下の通り。

表 1 大連市の年平均大気汚染濃度の目標

単位：mg/m³

汚染物質	国家 2 級基準	2000 年	2005 年	2010 年
SO ₂	0.06	0.05	0.04	0.014
TSP	0.20	0.18	0.15	0.034
NOx	0.05	0.06	0.05	0.07

出所：JICA 審査時資料

上記の目標達成に向けた対策として、1) 主要汚染源工場の移転・改造等による都市計画による工業分野の配置転換と産業構造の調整、2) 汚染物質排出総量規制等による工業汚染防止の強化と大気質への悪影響の排除、3) 集中熱供給の拡大等による都市環境総合整備の強化と都市機能の完備の方針を打ち出していた。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

国家第 11 次環境保護 5 カ年計画（2006 年～2010 年）では、SO₂ 排出量の 10%削減、現行の同第 12 次計画（2011 年～2015 年）では、SO₂ 排出量の 8%削減を拘束性の目標として掲げた¹²。第 11 次計画における全国の SO₂ 排出量削減目標 10%は 2,294 万トン

⁸ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

⁹ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

¹⁰ 中国の大気汚染対策の基本的枠組みは、大気汚染対策法によって定められている。大気汚染対策法は、1987 年に制定され、1995 年、2000 年に改正された。大気汚染物の排出規制の基本は、汚染物質の排出源に対する濃度による規制である。国務院は国家環境大気質基準を設定し、それを達成するため国家排出基準を定めている。また、地方政府は、国が未制定のものについて地方基準を定めたり、国家基準より厳しい地方基準を定めることもできる。

¹¹ SO₂ 汚染抑制区は、SO₂ 汚染の深刻な地域、酸性雨抑制区は既に酸性雨が発生しているか、もしくは発生する可能性がある地域である。大連市街区は SO₂ 抑制区に指定されている。

¹² 拘束性の目標は予測性の目標と区別され、法律と同等の効力を持つ。第 11 次 5 カ年計画で初めて導入された。

に相当し、第 12 次計画における同目標 8%は 2,086 万トンに相当する。同目標を達成するため省毎に目標が設定されており、遼寧省では、前者においては 120 万トンから 105 万トンに（削減率 12%）、後者においては 117 万トンから 105 万トン（削減率 11%）に削減することが目標として掲げられた。

大連市の第 11 次環境保護計画（2006 年～2010 年）においては、SO₂ 総排出量約 10 万トン以下、化学的酸素要求量¹³（Chemical Oxygen Demand、COD）総排出量を約 5 万トン以下、粉塵総排出量約 7 万トン以下の達成を掲げていた。また、主要な対策として、1) 重点区域における管理の強化、2) 循環経済発展の推進に向けた節約型社会の建設、3) 大気汚染問題解決のためのエネルギー構造の調整、4) 污水处理場の建設と海洋環境の改善、5) 廃棄物管理の強化、6) 公害管理、7) 農村及び生態環境保護の強化、8) 環境モニタリングシステムの改善による環境管理能力の強化が挙げられている。そのうち、1) に関しては、特に大気汚染が激しい甘井子区にある 5 企業の移転と汚染対策の強化が掲げられた。具体的には、本事業対象の旧大連鋼鉄や大連水泥（セメント）公司の移転および先進的な技術の導入、環境負荷が高く小規模な製鉄炉の廃棄とエネルギー効率の良い電炉の導入による排煙問題の解決などが挙げられている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時においては、大連市の中心部では急速な工業化や自動車台数の増加等に伴い、深刻な大気汚染等の問題に直面していた。大気汚染の程度は貴陽や重慶ほど深刻ではないが、エネルギー源の石炭依存度は 69%と高く、冬季における SO₂ 濃度は、都市居住地域に適応される国家 2 級基準を超えていた。大連市は 1998 年に「SO₂ 汚染抑制区」として指定を受けて以降、事後評価時に至るまで汚染対策の強化を図っている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時、国際協力機構（JICA、当時 JBIC）の海外経済協力業務実施方針においては、環境を対中国円借款の重点 3 分野の 1 つとしていた。また、同行の国別業務実施方針においても、中国の環境問題を地球規模的問題と位置づけ、大気汚染対策などを通じた支援を重点的に検討する方針としていた。日本政府の対中経済協力計画（2001 年）では、環境、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度づくり、技術移転等を優先分野とし、「環境問題等、地球規模の問題に対処するための援助協力」を最重要課題としていた。また、本事業は、1997 年、日中首脳会談（当時、橋本首相と李鵬首相）にて提唱された「環境モデル都市構想」に沿って実施されたものであり、日本の援助政策との整合性は高い。モデル都市の選定にあたっては、深刻な大気汚染状況（重慶市、貴陽市）、過去の日中協力実績（大連市）が考慮された。

以上より、本事業の実施は中国の開発政策、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。

¹³ 河水の汚染度を示す指標。

3.2 有効性（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用・効果指標（汚染物質排出量及び削減率）

(1) 大連製薬（当時）工場の環境保護対策（フェーズ I）

表 2 に汚染物質排出量及び削減率¹⁴の計画と実績を示す。

表 2 汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）

指標	基準	計画	実績					
	2000 年	2003 年 (事業 完成後)	2004 年 (事業 完成後)	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2011 年
SO ₂ 排出量 (トン/年)	170	0 (-170)	0	0	0	0	0	115 (-55)
TSP 排出量 (トン/年)	364	0 (-364)	0	0	0	0	0	0
COD 排出量 (トン/年)	10,074	25 (-10,049)	31.8 (-10,042)	31.8 (-10,042)	31.8 (-10,042)	31.8 (-10,042)	13.8 (-10,060)	30 (10,044)
COD 削減率 (%)	-	99.8	99.7	99.7	99.7	99.7	99.9	99.7

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は大連美羅大薬場質問票回答。

注 1：（ ）内の数値は削減量を示す。

注 2：SO₂ と TSP の削減分は既存ボイラーを廃止し、高新園区からの集中供熱に転換することを前提とした試算。COD の削減分は廃水処理施設による処理を行うことを前提とした試算。

注 3：2009 年及び 2010 年は再移転のため工場が稼働していなかったため、データなし。

【SO₂ および TSP】2003 年 10 月、計画どおり、沙河口区から高新園区へ工場が移転し、自前の熱電供給から高新園区の集中供熱に計画通り転換した。これにより、2004 年～2008 年まで、石炭及び重油燃焼による SO₂ 及び TSP の排出量はゼロで、削減率は 100%であった。2011 年の SO₂ 排出量が 115 トン/年（削減率 32.4%）となったのは、審査時想定していなかった甘井子区の宮城子地区への再移転により、集中供熱ではなく、自前のボイラーで熱電供給することになったためである。

【COD】廃水処理施設は計画通り完成し、運用されている。表 2 のとおり、2004 年～2007 年および 2011 年の COD 削減率は 99.7%、2008 年の削減率は 99.9%である。



新工場 国際製造部門



ブリストー包装機



缶包装機

¹⁴ 削減量/基準排出量。

(2) 塩島化学工業区熱電工場建設（フェーズ I）

表 3 に大気汚染物質排出量及び削減率の計画と実績を示す。

表 3 大気汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）

指標	基準	計画	実績				
	2000 年	2003 年 （事業 完成後）	2005 年 （事業 完成後）	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
SO ₂ 排出量 （トン/年）	4,515	1,081 (-3,434)	1,078 (-3,437)	1,092 (-3,423)	1,089 (-3,426)	1,091 (-3,424)	1,080 (-3,435)
SO ₂ 削減率 （%）	-	76.0	76.1	75.8	75.9	75.8	76.1
TSP 排出量 （トン/年）	411.	154 (-257)	149 (-262)	151 (-260)	153 (-258)	155 (-256)	152 (-259)
TSP 削減率 （%）	-	62.5	63.7	63.3	62.8	62.3	63.0
NO _x 排出量 （トン/年）	1,419	928 (-491)	925 (-494)	934 (-485)	927 (-492)	925 (-494)	926 (-493)
NO _x 削減率 （%）	-	34.6	34.8	34.2	34.7	34.8	34.7

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は大連染料化工有限公司質問票回答。

注：（ ）内の数値は削減量。計画の各指標の削減分は既設の中小ボイラー14 台の廃止に基づく試算。

SO₂、TSP、NO_x の排出量削減の前提となる、既設の中小ボイラー14 台の廃止、大型ボイラーや発電ユニットの導入は計画通り実施された（効率性参照）。設備は計画どおり運用され、表 3 のとおり、SO₂、TSP、NO_x、いずれの削減率もほぼ計画通りであった。

一方、大気汚染物質削減を目的として、国家第 11 次 5 ヶ年計画期間中（2006 年～2010 年）、「上大圧小」という、小規模の発電所を閉鎖し、大・中規模の発電所に集約する政策が実施された¹⁵。国全体で 5,000 万 kW の小規模発電所を閉鎖する計画に対して、2009 年までに計 6,006 万 kW の小規模発電所が閉鎖された¹⁶。右政策の一環として、当該工場も 2009 年をもって熱供給を停止した。本事業による効果ではないが、小規模発電所の閉鎖は結果として大気汚染の改善に貢献しており、有効性においてマイナスに評価されるものではない。



塩島熱電工場全景



発電機



発電施設外観

¹⁵ 出所：大連染料化工有限公司への聞き取り調査。

¹⁶ 出所：中国の第十二次 5 ヶ年計画における緑色発展の実態と動向、科学技術振興機構 中国総合研究センター、2011 年。

(3) 春海熱電工場増設（フェーズ I）

表 4 に大気汚染物質排出量の基準/計画を示す。

表 4 大気汚染物質排出量（基準/計画）

単位：トン/年

指標	基準	計画
	2000 年	2003 年（事業完成後）
SO ₂	5,277	1,141 (-4,136)
TSP	1,147	743 (-404)
NO _x	2,584	1,813 (-771)

出所： JICA 審査時資料。

注： 計画の（ ）内の数値は削減量を示す。削減分は既設中小ボイラー24 台の廃止に基づく試算。

大連市財政局への聞き取り調査によると、当該サブプロジェクトの実施主体は他企業に吸収され、春海熱電工場は操業を停止し、熱電工場は大連港から大窯湾に移転したとのことである。また、同財政局によると、本事業のアウトプットは L/A 調印後工場移転のため取消しとなったとのことであった。一方、2002 年の JICA 内部資料によると、2000 年末に全て自己資金で完成した旨、大連市政府から日本側に伝えられている。いずれにせよ、本事業により設置された大型ボイラーが移転先に再設置されたかどうか、再設置された場合の稼働状況、大気汚染物質排出量などのデータが得られなかったため、評価できなかった。しかしながら、大連市環境保護局への聞き取り調査によると、大連市の熱電工場の中小ボイラーはほとんど大型ボイラーに転換されており、環境基準を超えて汚染物質を排出している熱電工場は皆無であるとのことであった。

(4) 大連セメント粉塵処理（フェーズ II）

表 5 に大気汚染物質排出量及び削減率の計画と実績を示す。

表 5 大気汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）

指標	基準	計画	修正後計画	実績			
	2000 年	2003 年	2008 年 （事業完成後）	2008 年 （注 2）	2009 年 （事業完成後）	2010 年	2011 年
セメント 生産量（参考） （万トン/年）	55	73	182	77.4	162.0	212.1	181.1
SO ₂ 排出量 （トン/年）注 1	2,070	1,638 (-432)	269 (-1,801)	89.0 (-1,981)	109.1 (-1,961)	123.0 (-1,947)	127.3 (-1,943)
SO ₂ 削減率 （%）	-	20.1	87	95.7	94.7	94.1	93.9
TSP 排出量 （トン/年）注 1	8,370	700 (-7,670)	466 (-7,904)	160.6 (-8,209)	259.4 (-8,111)	291.3 (-8,079)	283.5 (-8,086)
TSP 削減率 （%）	-	91.6	94.4	98.1	96.9	96.5	96.6

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。2008 年の修正後計画は変更後の計画（2006 年）。実績は、大連水泥公司質問票回答。

注 1：（ ）内の数値は削減量を示す。

注 2：新工場は 2008 年 7 月に操業を開始したことから、2008 年のセメント生産量及び SO₂・TSP の排出量は 5 ヶ月分のみ。

効率性で後述するとおり、セメント工場は大連市政府の環境政策の一環として、実施段階で市街区の甘井子区から郊外の金州新区に移転した。右移転計画に伴い、2006年、アウトプット、SO₂ 及び TSP の計画値を変更することが合意され、アウトプットはほぼ修正後の計画通り実施された（効率性参照）。表 5 のとおり、SO₂、TSP いずれも、削減率の実績は修正後の計画を上回った。



袋式集塵機



余熱発電システムのタービン



石灰石用ベルトコンベヤー

(5) 大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策（フェーズ II）

表 6 に大気汚染物質排出量及び削減率の計画と実績を示す。評価の制約に示したとおり、本事業は工場の一部の設備を対象としているが、対象設備のみの TSP 排出量や SO₂ 排出量のデータがないため、工場全体（合計 10 の生産ライン）の排出量を示した。また、鉄鋼生産量も参考として表 6 に追記した。さらに、アウトプットにより完成時期が異なり、かつ旧工場と新工場にまたがって実施されたため、アウトプットの完成時期についても、排出量との関係が分かるように同表にあわせて示した。なお、効率性で後述するとおり、2005 年に大連市政府が郊外への工場移転を決定したことから、旧工場は 2011 年 8 月閉鎖され、すべての機能が新工場に移転し、新工場は 2011 年からフル稼働している。

表 6 大気汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）とアウトプットとの関係

項目	基準 2000年	事業完 成後の 計画	旧工場実績								新工場実績	
			2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2010年	2011年
鉄鋼生産量(万吨/年) (参考)	35.0	43.0	45.8	53.5	51.3	45.0	50.0	41.0	42.0	42.0	12.4	46.3
石炭消費量(万吨/年) (参考)	12.1	NA	18.4	23.6	28.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SO ₂	排出量(トン/年)	160.0	78.0	259.0	306.7	398.9	396.0	275.5	309.0	309.0	309.0	185.0
	削減量(トン/年)	-	82.0	-99.0	-146.7	-238.9	-236.0	-115.5	-149.0	-149.0	-149.0	-25.0
	削減率(%)	-	51.3	-61.9	-91.7	-149.3	-147.5	-72.2	-93.1	-93.1	-93.1	-15.6
TSP	排出量(トン/年)	3,613	243.0	572.7	318.3	306.4	306.4	308.6	378.0	378.0	378.0	169.0
	削減量(トン/年)	-	3,370.0	3,040	3,295	3,307	3,307	3,304	3,235	3,235	3,235	3,444
	削減率(%)	-	93.3	84.1	91.2	91.5	91.5	89.5	89.5	89.5	89.5	95.3

（旧第二工場）2003年40トン電炉用集塵機1セット取付完了、2004年1セット取付完了、いずれも2011年まで稼働。TSP排出削減に貢献。

（旧第二工場）2004年20トン電炉3基廃棄（電炉自体廃棄のため、設置予定の集塵機は取消）。TSP排出削減に貢献。

（旧第一工場）2003年10トン電炉3基+15トン電炉3基は、計画通り廃棄（内貨分）。TSP排出削減に貢献。

（新工場）2009年連続鋳造設備取付完了、現在稼働中。SO₂排出削減に貢献。

（新工場）2009年40トンAOD+集塵機1セット取付完了、現在稼働中。TSP排出削減に貢献。

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は東北特殊鋼鉄公司質問票回答。SO₂ 排出量・TSP 排出量の元データは大連市環境保護局の検測報告書。

注：SO₂ の計画削減量は連続鋳造設備の導入、TSP の計画削減量は旧式電炉の廃止、集塵設備の設置を前提とした試算。

【TSP】TSP 排出量削減の前提となる旧式電炉の廃棄や集塵機の設置は、2004 年までに計画通り実施された（詳細は効率性参照）。TSP 削減率は、事業完成の 2003 年以降、計画の 93.3%にわずかに及ばなかったものの、8 割～9 割であった。

40 トンアルゴン酸素脱炭（AOD）¹⁷精錬炉（年間生産量 10 万吨）と集塵設備 1 セットは、2009 年新工場に設置された¹⁸。新工場がフル稼働している 2011 年の TSP 削減率は、計画 93.3%に対して、実績 95.3%であった。新工場の AOD 精錬炉と集塵設備は、本事業で設置した 1 セットのみであること¹⁹から、上記の指標達成は本事業のみの効果ととらえることが出来る。

【SO₂】SO₂ 排出量削減の前提である連続鋳造設備²⁰1 セットは、2009 年末に新工場に

¹⁷ アルゴンで希釈された酸素を吹き込むことによって、脱炭反応を進めるプロセス。

¹⁸ 出所：東北特殊鋼鉄公司への聞き取り調査。

¹⁹ 出所：同上。

²⁰ 連続鋳造設備は、溶けた鉄が固まる過程で一定の形の半製品である鋼片を作る設備である。鋼片はその後さまざまな形に加工される。日本では、1960 年代まで、鋳型に溶鋼を流し込んで、自然に冷やして固めた鋼鉄を再び加熱して分塊圧延機で伸ばし、鋼片を作っていた。しかし、この分塊法は冷却したものを再加熱するため、熱効率が悪かった。1970 年代に連続鋳造設備が発明されると、冷やして固める分塊工程が省かれ、溶鋼から鋼片まで一度に作れるようになり、生産性向上と省エネルギーが実現された。出所：新日本製鐵編著、鉄と鉄鋼がわかる本、2004 年。

設置された²¹。図 2 に連続鋳造設備の概略図を示した。

新工場がフル稼働した 2011 年の対象設備のみの SO₂ 排出量実績データが得られなかったため、ここでは、対象設備導入による SO₂ 排出削減量に関して、審査時に設定された計画値（82.0 トン/年）と事後評価時入手できた試算を比較する。東北特殊鋼鉄会社の試算では、本事業で調達した連続鋳造設備 1 セットの導入により、SO₂ 排出量が 82.5 トン/年削減された。試算方法は以下のとおりである。同設備による鋼片生産量は 31.25 万トン/年、分塊法（注 20 参照）で生産した場合の鋼片生産量 1 トンあたりの石炭ガス消費量は 1,000 m³ である。したがって連続鋳造設備の導入により、石炭ガス消費量 312,500,000 m³ を削減することができたことになる。石炭ガス消費量 100 万 m³ あたりの SO₂ 排出量が 264kg であることから、SO₂ 排出量 82.5 トン/年（312.5 m³ x 264kg = 82,500kg）を削減した計算になる²²。JICA 審査時資料には、計画削減量 82.0 トン/年の計算方法が示されていないため、単純比較できないが、本事業対象設備により計画削減量を達成したことになる。

なお、新工場には、本事業により調達した連続鋳造設備 1 セットのほか、同等以上の生産能力を有した設備が 3 セットあり、その生産能力の合計は約 1,530,000 トン/年である。単純計算すると、連続鋳造設備 4 セットの導入により、工場全体で SO₂ 排出量約 404 トン/年（1,530,000 トン ÷ 312,500 トン × 82.5 トン）を削減した計算になる。

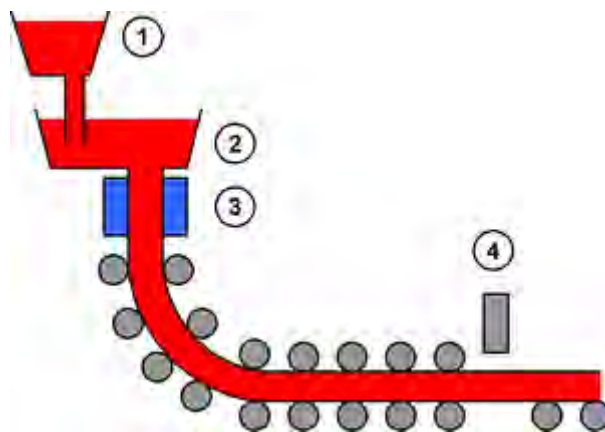


図 2 連続鋳造設備の概略図

1: 取鍋。 最上部にある取鍋に溶鋼を注入する。取鍋では溶鋼中にある介在物が浮かぶので、それを除去する。**2: タンディッシュ** タンディッシュでも介在物を浮かせて除去する。**3: 鋳型** 鋳型は水冷されているため、鋳型に接した溶鋼は急冷されて凝固し始める。**4: ガス切断機** 固体となった鋼片はガス切断機で適度な長さに切断される。

出所：新日本製鐵編著、鉄と鉄鋼がわかる本、2004 年

²¹ 出所：東北特殊鋼鉄会社への聞き取り調査。

²² 出所：同上。



東北特殊鋼鉄工場全景



AOD 製錬炉及び集塵設備



連続鋳造設備

3.2.2 定性的効果

指標とはなっていないが、本事業の実施により、石炭や石油、電力などの消費量が抑制されたことが確認された。例えば、製薬工場では、1997 年の年間石炭消費量は 2,509 トン、電力消費量は 6 千万 kWh (キロワットアワー)、重油消費は約 1.5 万トン、ガソリン消費は 115 トン、ディーゼル消費は 171 トンであり、すべて合計すると標準石炭換算で計 30,811 トンであった。本事業実施後のエネルギー消費量は、2005 年時点で、標準石炭換算で約 5,200 トンであり、1997 年のエネルギー消費量の 17%に減少した²³。

また、セメント工場では、本事業により発電機 (7,500KW) を設置し、キルン出入口からの余熱を利用して、年間 5,040 万 kWh 発電している。これにより、年間 2~3 万トンの石炭を節約し、年間 5 万トンの CO₂ 排出量を抑制しているとのことである²⁴。また、移転に伴う設備更新により、セメント 1 トンの生産に必要な石炭消費量が 240kg から 110kg に減少し、セメント 1 トンの生産に必要な電力消費量も 125kWh から 98kWh に減少した。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 大連市における大気質の改善

1996 年から現在まで適用されている国家 2 級基準では、審査時に本事業の成果指標として設定された SO₂、TSP、NO_x の年平均濃度のほか、吸入可能粒子状物質²⁵ (Particulate Matter less than 10 micron、以下 PM10) や二酸化窒素 (Nitrogen Dioxide、以下 NO₂) 等の平均濃度の限界値を定めている。大連市では他の都市と同様、TSP、NO_x に代わり、PM10、NO₂ を主要指標としてモニタリングしており、本調査で得られたデータも SO₂、PM10、NO₂ である。PM10、NO₂ に関しては計画と実績を比較することが出来ないため、国家 2 級基準と実績を比較する。表 7 に、SO₂、TSP、PM10、NO_x、NO₂ の国家 2 級基準、基準、計画、実績を示す。

²³ 出所：大連美羅大薬場借款状況報告書。

²⁴ 出所：大連水泥公司質問票回答。

²⁵ 空気動力学径 10 マイクロメートルにおいて捕集効率が 50%となる粒子であり、世界的に一般に用いられる定義。

表 7 大連市（中心部）の年平均大気汚染濃度（基準/計画）

単位：mg/m³

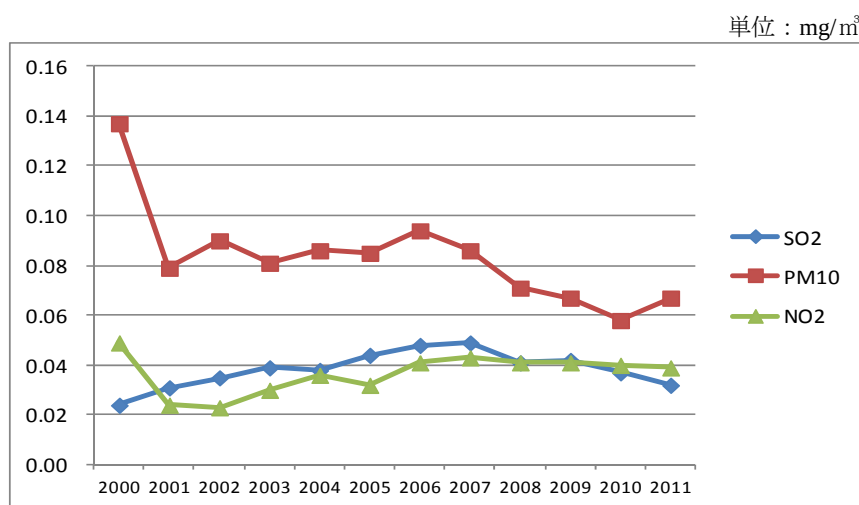
項目	国家2級基準	大連市中心部基準	大連市計画				大連市実績	
		1999年	2000年	2005年	2010年	2005年	2010年	
SO2	0.060	0.038	0.050	0.040	0.014	0.044	0.037	
TSP	0.200	0.146	0.180	0.150	0.034	NA	NA	
PM10	0.100	NA	NA	NA	NA	0.085	0.058	
NO _x	0.050	0.046	0.060	0.050	0.070	NA	NA	
NO2	0.040	NA	NA	NA	NA	0.032	0.040	

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は大連市環境保護局提供データ（元データ：大連市環境状況公報）。

注：計画は大連市環境保護第9次5ヵ年計画（1996-2000年）及び2010年長期計画における数値。

表7のとおり、大連市環境保護第9次5ヵ年計画（1996年～2000年）における2000年の計画値は1999年に既に達成していた。2005年及び2010年計画については、工業化等に伴い大気汚染が深刻化することが予測されるため、本事業を含む環境対策を行うことにより、1999年レベルの大気汚染濃度を維持することを目指していた。2005年及び2010年実績に関しては、SO₂は計画を達成しなかった。その理由として、環境対策の実施にも関わらず、工業化や自動車台数の増加等により大気汚染が予測よりも深刻化したことが考えられる。一方、SO₂を国家2級基準と比較すると、2005年、2010年いずれも基準を満たしている。PM₁₀とNO₂については、2005年、2010年とも国家2級基準を満たしている。

2001年～2011年までの大連市の年平均大気汚染濃度の推移を図3に示す。急速な工業化にも関わらず、いずれの項目も急激な悪化はみられない。濃度が抑制されている背景として、1990年代に北九州市との都市間環境協力や開発調査「大連市環境モデル地区整備計画」（「関連事業」参照）等が実施され、2000年代以降も、それらに基づいて、本事業や企業のクリーンプロダクション技術への投資等、様々な環境対策が実施されたことが考えられる。



出所：大連市環境保護局提供データ（元データ：大連市環境状況公報）

図 3 大連市の年平均大気汚染濃度（実績）

なお、本事業の大気質改善への貢献度に関して、京都大学大学院が実施した、JICA（当時 JBIC）受託研究「中国環境円借款貢献度評価に係る調査－中国環境改善への支援（大気・水）－」（2005 年）は、2003 年の大連市の SO₂ 総排出量（約 27.1 万トン）に占める本事業による削減量（約 4,100 トン）の割合見込みを 1.5%と見積もっている。大連市では本事業実施前に他の事業で大幅に SO₂ の排出量を削減してきたことが寄与度を低くしたのではないかと分析している。

3.3.1.2 市民の大気質改善に関する認識・評価

沙河口区 30 人、甘井子区 70 人に対して受益者調査（サンプル数計 100、男 73、女 27）を実施した。右調査によると、73%が（大気質が）大幅に改善した、22%がやや改善した、2%が変化なし、2%が悪化した、1%が分からない、だった（図 4）。

地域別にみると、大連製薬（当時）の旧工場周辺（沙河口区）の住民 30 人のうち、63%に相当する 19 人が、工場が移転した 2000 年に大気質が改善したと回答した。

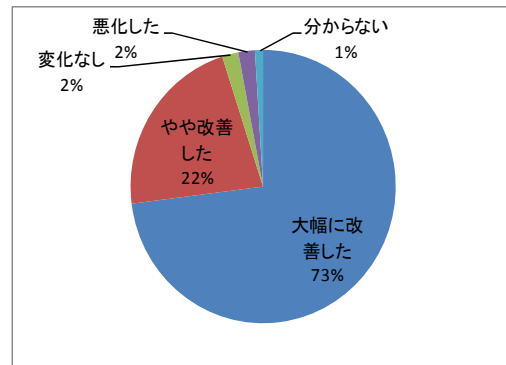


図 4 大気質改善に関する市民の認識（N=100）

また、大連製鉄（当時）の旧工場周辺（甘井子区）の住民 40 人のうち、95%に相当する計 38 人が 2003 年～2004 年に大気質が改善し、窓を開けることができるようになった、外に洗濯物を干せるようになったと回答した。この背景には、有効性で述べたとおり、2003 年～2004 年に旧工場に集塵設備 2 セットが設置され、TSP も 2000 年の約 3,600 トン/年から約 572 トン/年（2003 年）、約 318 トン/年（2004 年）に減少したことによると推測される。

大気質改善の理由としては、下記が挙げられた（複数回答可）。工場の郊外への移転（100%）、工場の汚染物質排出に対する規制（97%）、工場からの汚染物質の先進技術による抑制 95%、自動車からの排ガス規制（85%）、工場による石炭の利用の減少（74%）、家庭における石炭の利用の減少（51%）。このことから、大連市の大気汚染抑制政策の柱である、工場の郊外への移転や汚染物質排出規制、先進技術による汚染物質の抑制などが市民によく理解されていることが確認された。

3.3.1.3 大気質改善による生活環境の改善

大気質改善の効果として選択肢の中から選んでもらったところ、結果は以下のとおりであった（複数回答可）。埃による衣類の汚れが減った（93%）、洗濯物を屋外に干すことができるようになった（93%）、目の痛みや咳が減った（93%）、埃よけのマスクやサングラスの使用頻度が減った（91%）。このほか自由に回答してもらったところ、工場の煙突からの黒煙が減った、オフィスの机の上の埃が減った、車の上の粉塵が減った、屋外に干した洗濯物につく粉塵が減った、以前と比べて青空が見られるようになった、という回答が見られた。

3.3.2. その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

中国環境監測総点の検収監測報告書、大連市環境監測中心の検測報告書、実施主体の質問票回答、現地視察の結果から、特に自然環境へのマイナスの影響は認められなかった。各サブプロジェクトの建設期間中の環境対策や事業完成後の環境モニタリング実施状況や結果は以下のとおりである。

大連製薬（当時）工場の環境保護対策：建設期間中の騒音対策としては、夜間工事の禁止、騒音を極小化した建設機械の使用、監督の強化、定期検査などが実施された²⁶。2003年の竣工後、大連市環境保護局の検収に合格し、2004年大連市の「環境保護先進企業」として認定された²⁷。大連市環境保護局が、毎年、廃水の水質及び廃ガスのモニタリングを行い、製薬工場も独自に定期的にモニタリングしている。廃水は工場内の処理施設で処理し、大連市管轄の下水管に排出される前に、「遼寧省沿海地区污水直接排入海域標準（DB21-59-89）の1級基準を満たしている²⁸。なお、CODの排出基準は審査時の基準より厳しくなっており、審査時の排出基準が100mg/L以下であったのに対し、事後評価時の基準は50mg/Lである²⁹。大連市環境監測中心の検測報告書によると、2007年のCOD排出濃度は31.8 mg/L、2008年は13.8 mg/L、2011年は30mg/Lであったことから、問題ないと言える。

塩島化学工業区熱電工場建設：実施主体によると、環境モニタリング結果は排出基準を満たしているとのことである³⁰。

大連セメント粉塵処理：建設期間中、環境保護管理要員の配置、騒音対策、夜間工事の禁止、砂の飛散防止のための水撒きなどの措置がとられた³¹。2009年の中国環境監測総点の検収観測報告書においては、問題は指摘されていない。事業完成以降、環境モニタリングは定期的に実施されているが、データは得られなかった。

大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策：2005年の大連市環境監測中心の検測報告書によると、本事業対象集塵機のうち、旧工場の10号集塵機の粉塵排出濃度は、旧工業炉窯大気汚染物排出基準（GB9078-1996）2級の150 mg/m³以下（現行では100mg/m³以下）に対し、10.0 mg/m³（処理効率98.5%）、11号集塵機の濃度は13.5 mg/m³（処理効率98.2%）であった。新工場の4号集塵機（旧11号集塵機）の粉塵排出濃度は11.1 mg/m³であったとのことである³²。いずれの場合も基準をはるかに下回っており、問題ないと言える。

²⁶ 出所：大連美羅大薬場質問票回答。

²⁷ 出所：大連美羅大薬場借款状況報告書。

²⁸ 出所：Project Completion Report（PCR）、大連美羅大薬場借款状況報告書。

²⁹ 出所：JICA 審査時資料、大連美羅大薬場質問票回答。

³⁰ 出所：大連染料化工有限公司質問票回答。

³¹ 出所：大連水泥公司質問票回答。

³² 出所：東北特殊鋼鉄公司質問票回答。

春海熱電工場の工事中の対策や環境モニタリングに関するデータは得られなかった。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

各サブプロジェクトの住民移転及び用地取得の計画と実績を表 8 に示す。各実施主体への質問票及び聞き取り調査によると、用地取得は問題なく実施されたとのことである。5 件中 3 件については、住民移転はない。塩島熱電工場については、実施主体によると、移転の補償内容に関して特に問題なしとのことであったが、補償を受け取った旧職員寮に住んでいた職員への確認はできなかった。春海熱電工場の移転世帯についても直接確認は出来なかった。

表 8 用地取得及び住民移転（計画と実績）

サブプロジェクト	用地取得		住民移転	
	計画	実績	計画	実績
大連製菓（当時） 環境保護対策	約 7.6ha を移転用地として取得済。	七賢岭地区の工場については、同左。営城子工業区の新工場は 15.5ha。	なし	旧工場、新工場いずれもなし。
塩島化学工業区 熱電工場建設	約 2.7ha の用地を建設用地として取得済。	同左。	なし	65 人。職員寮を取り壊したため、職員に対して補償を支払った。
春海熱電工場 増設	約 3.2ha の用地を建設用地として取得済。	同左。	243 世帯（1999 年 9 月に終了）、工場 2 件（1999 年 12 月に終了）。	同左。
大連セメント 粉塵処理	なし	新工場に移転のため 37.2ha を取得。	なし	海を埋め立てたため、なし。
大連鋼鉄（当時） 電炉汚染対策	なし	新工場に移転のため 300ha を取得。	なし	塩浜を埋め立てたため、なし。

出所：各実施主体の質問票回答。

以上、大気汚染物質排出量の削減に関して、実績確認ができた 4 件のサブプロジェクトにおいて、概ね計画通りの効果の発現が見られた。中央政府が新しい環境政策を打ち出したことにより、塩島熱電工場が熱電供給を停止したが、小規模発電所の閉鎖は結果として大気汚染の改善に貢献しており、有効性においてマイナスに評価されるものではない。実施主体から直接確認できなかった 1 件については、大連市環境保護局から得られた情報の範囲では、環境基準を超えて汚染物質を排出している事実は認められなかった。また、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。よって、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：①）

3.4.1 アウトプット

アウトプットの計画と実績を表 9 に示す。5 件のサブプロジェクトのうち、1 件（大連セメント粉塵処理サブプロジェクト）に変更があったものの、残りの 4 件は、ほぼ計画通りだった。同サブプロジェクトでは、審査時計画していなかった工場の移転に

に伴い、アウトプットの追加・変更があったが、工場の移転は大連市の環境保護政策の一環であり、アウトプットの追加・変更も事業目的にかなうものであり、変更は妥当であったと判断される。計画変更後、アウトプットは修正案どおり実施された。

表 9 アウトプット（計画/実績）

項目	計画	実績
大連製薬（当時）環境保護対策	工場移転に伴う生産ラインの設置（液体缶包装ライン、カプセル充填機、ブリスター包装機、製薬設備、電気設備、自動制御システム、空調システム、空圧・冷凍設備等）、廃水処理施設（580 トン/日）の建設。	計画通り。廃水処理施設は、自己資金により実施。なお、高新科技園区の営城子工業区に再移転した際もほぼすべての機材を再設置。廃水処理施設も移転先に建設。
塩島化学工業区熱電工場建設	流動床ボイラー（75ton/h x 3 基）、発電ユニット（12,000kw x2 基）、石炭輸送システム、電気システム、熱管理システム等の建設。	発電ユニットの性能が 15,000kw に変更になった以外は計画通り。
春海熱電工場増設	流動床ボイラー（130ton/h x 2 基）、発電ユニット（25,000kw x1 基）の建設	計画通り。ただし、自己資金で実施。理由は、完成時期を早めるため大連市政府が円借款分も自己資金で実施することを決定したため。
大連セメント粉塵処理	バグフィルター、キルン用集塵機、余熱発電システム（発電機、ボイラー）、石炭ミル、セメントミル、空圧機、中央コントロールシステム等。	石灰石輸送システム（3.75km）の追加、空圧機から引風機への変更を除いては計画通り。ただし、セメントミル、石炭ミル及び中央コントロールシステムは自己資金で実施（2006 年変更）。
大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策	40 トン電気炉（EAF）1 基及び 40 トン取鍋炉（LF）用 1 基用の集塵設備の据付、アルゴン酸素脱炭（AOD）精錬炉 1 基（年間生産量 10 万トン）及び集塵設備の据付、連続铸造設備（年間生産量 30 万トン）の据付、以上外貨分。20 トン電炉 3 基用の集塵設備の据付、10 トン電炉 3 基及び 15 トン電炉 3 基の廃炉、以上自己資金分。	計画通り。ただし、移転の際に、40 トン EAF/LF 用集塵設備は廃棄となり、AOD 精錬炉及び集塵設備、連続铸造設備は直接新工場に据え付けた。20 トン電炉 3 基は容量が小さく非効率なため、電炉自体廃棄したため、自己資金分で実施予定の集塵設備も取消。これを補足するため、自己資金で 25 トン AOD1 基及び 40 トン電炉 1 基及び集塵設備を新工場に設置。

出所：計画については JICA 審査時資料、変更後の計画、実績については PCR、質問票回答。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費は当初計画の 14,684 百万円（うち円借款は 8,517 百万円）に対し、実績は 21,623 百万円（うち円借款は 5,389 百万円）で、計画を上回った（計画比 147%）。外貨分がゼロで、自己資金分が不明な春海サブプロジェクトを除いた総事業費計画額 9,310 百万円に比して 232%であった。各サブプロジェクトの事業費の計画比は、製薬工場は 124%、塩島熱電工場は 121%、セメント工場は当初計画の 658%、変更後の計画の 140%、鋼鉄工場は 109%であった。

製薬工場の事業費の増加理由は、当初の事業費は 1996 年の F/S において計算されたものであり、2003 年の事業実施までに物価が上昇したことである。塩島熱電工場の事業費の増加理由は、概略設計の段階で地理的条件が複雑なことが判明し、基礎部分を F/S で想定したよりも深く掘削する必要が生じ、土木工事費用が増加したためである。

セメント工場の事業費が当初計画より増加した理由は、審査時計画されていなかった移転により新工場の整地や建設、石灰石山の採掘権の購入、石灰石庫の建設、パッ

グフィルターの追加、太陽光エネルギーの設備の設置などが挙げられる。鋼鉄工場の事業費の増加理由は、2003 年 1 月及び 2004 年 9 月の組織再編及び管轄機関の変更に係る手続きにより外貨分設備の調達手続きが約 2 年間中断し、中断期間に価格が上昇したことである。

なお、塩島熱電工場のサブプロジェクトでは、現在熱電供給を停止していることから、本事業で調達された設備が稼働していない。事業費 3,741 百万円に対して、設備が 5 年しか稼働しなかったことから、資金が十分に活用されたとは言い難い。同設備の活用方法については、現在、実施主体と大連市政府の間に協議が進められている。

3.4.2.2 事業期間

事業期間は、製薬工場は計画比 488%、塩島熱電工場は計画比 233%、春海熱電工場は計画比 63%、セメント工場は計画比 390%（変更後の計画比 105%）、鋼鉄工場は計画比 424%であった。事業期間の計画と実績、遅延理由を表 10 に示す。

表 10 事業期間（計画/実績）

項目	計画	実績
大連製薬（当時）環境保護対策（フェーズ I）	2000 年 3 月～2000 年 11 月（9 ヶ月）	2000 年 3 月～2003 年 10 月（44 ヶ月、計画比 488%）。遅延理由は、L/A 発効（L/A 調印から 4 ヶ月かかった）、中国輸出入銀行と大連市財政局間の転貸合意書および大連市財政局と大連医薬集団間の転貸合意書の調印（L/A 発効から 12 ヶ月かかった）、外貨分の機材調達にかかる入札会社の選定、入札手続き、契約成立（転貸合意書の調印から 12 ヶ月）に想定以上に時間がかかったこと、2003 年に重症急性呼吸器症候群（SARS）の流行により約 6 ヶ月工事が中断したことである。なお、自己資金分による新工場の建設及び設備の据付は、計画通り完成した。
塩島化学工業区熱電工場建設（フェーズ I）	2000 年 3 月～2002 年 2 月（24 ヶ月）	2000 年 3 月～2004 年 10 月（56 ヶ月、計画比 233%）。遅延理由は、上記と同様、L/A 発効、転貸合意書の調印に想定以上に時間がかかったこと（約 16 ヶ月）、2003 年に SARS により約 6 ヶ月工事が中断したことである。
春海熱電工場増設（フェーズ I）	2000 年 3 月～2001 年 6 月（16 ヶ月）	2000 年 3 月～2000 年 12 月（10 ヶ月、計画比 63%）。大連市政府の意向により自己資金のみで実施され、事業完成が計画より早まった。
大連セメント粉塵処理（フェーズ II）	2001 年 3 月～2002 年 12 月（22 ヶ月）。ただし、2006 年の変更計画において、事業完了が 2008 年 1 月（計 82 ヶ月）に変更。	2001 年 3 月～2008 年 4 月（86 ヶ月、当初の計画比 390%、変更計画の計画比 105%）。遅延理由は、セメント工場の金州新区（市街区から 46 キロ地点）への移転に伴う手続き・移転工事、計画の変更等に時間を要したことである。移転理由は、①甘井子区の旧工場周辺の人口が審査時の予測より増加したこと、②旧工場に隣接する空港が拡張したこと、③妥当性で述べたとおり、大連市政府が、「大連市第 11 次環境保護計画」に沿って、環境保護政策の一環として工場の郊外移転を決定したこと、である。
大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策（フェーズ II）	2001 年 3 月～2003 年 3 月（25 ヶ月）	2001 年 3 月～2009 年 12 月（106 ヶ月、計画比 424%）。遅延理由は、①実施主体の組織再編に伴う管轄機関の変更により調達手続きの遅延 ³³ （33 ヶ月）、②セメント工場と同様、大連市政府の工場移転計画に伴う移転手続き・移転工事（24 ヶ月）及び新工場における再据付工事（12 ヶ月）である。

出所：計画は JICA 審査時資料、実績は PCR、各実施主体質問票回答、JICA 内部資料。

³³ 2003 年 1 月及び 2004 年 9 月の大連鋼鉄から東北特殊鋼鉄への再編により、大連市から遼寧省政府に対して資産の譲渡等の手続きを要した。本事業に関しても再転貸契約の見直しが必要となった。2005 年 1 月、調達手続きが再開したが、中断期間における物価上昇により、一部のパッケージで契約手続きが難航し、締結が 2005 年 9 月まで遅延したため、計 33 ヶ月事業が中断した。

表 10 のとおり、フェーズ I 事業の共通の遅延理由は、L/A 発効や転貸合意書の調印に想定以上に時間がかかったこと、SARS の流行による工事の中断である。フェーズ II 事業の共通の遅延理由は、大連市政府が大気汚染改善対策の一環として工場の移転計画を決定したことにより、移転の準備や実施、それに伴うアウトプットの変更、据付済み設備の新工場への再据付などに時間がかかったことである。

3.4.3 内部収益率の分析結果（参考数値）

審査時点において、財務的内部収益率（FIRR）、経済的内部収益率（EIRR）いずれも算定されておらず、費用や便益、プロジェクトライフなどの条件が不明のため、事後評価時においても算定しない。

以上より、本事業は、事業費が計画を上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。ただし、事業期間の遅延の理由は、転貸合意書の調印の遅延や SARS の流行に伴う作業員の移動禁止による工事の中断、実施段階での政府の決定に伴う工場の移転等であり、各サブプロジェクトの実施主体レベルでは対応可能な範囲を超えていたことが指摘される。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理体制

現在稼働している 3 工場の運営維持体制に問題はなく、現時点で体制変更の予定もない。3 工場の運営・維持管理体制の詳細を表 11 に示す。

表 11 運営・維持管理体制

サブプロジェクト	実施主体	運営・維持体制
大連製薬（当時）環境保護対策	（当時）大連医薬集団大連製薬場 →（現在）大連美羅大薬場	2000 年 1 月、「大連医薬集団大連製薬場」が「大連美羅大薬場 (Dalian Merro Pharmaceutical Factory)」に変更。職員数はマネージャー 48 人、技術者 88 人、オペレーター 365 人、補助およびその他 142 人、計 643 人。同会社は 2005 年にオーストラリアの製剤管理局（Therapeutic Goods Administration :TGA）による認証を受け、オーストラリア向けの加工が可能となった。また、2010 年 3 月に営城子工業区に新工場が竣工し、同年 5 月、中国で初めてとなる国家食品薬品监督管理局の薬品製造規範（Good Manufacturing Practice: GMP）の認証を受け、操業を開始した（出所：PCR、大連美羅大薬場報告書）。
大連セメント粉塵処理	大連水泥集团公司	1970 年代から環境保護対策を積極的にとってきた。410 人の職員のうち、維持管理職員は 72 人（出所：聞き取り調査）。
大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策	（当時）大連鋼鉄集团公司 →（現在）東北特殊鋼鉄公司	2003 年 1 月、大連鋼鉄集团公司が撫順特殊鋼と合併の上、「遼寧特殊鋼鉄集団」を設立。さらに、2004 年 9 月、「北滿特殊鋼集団」と合併の上、「東北特殊鋼鉄公司」となった。これにより、中国最大、世界第 5 位の国有特殊鋼メーカーとなった。職員は約 2 万 1 千人。運営維持管理はすべて公司により実施され、外部委託はしていない（出所：JICA 内部資料、聞き取り調査）

3.5.2 運営・維持管理の技術

各実施機関において、必要な数/レベルの技術者が配置され、技術指導も適切に行われていると言える。また、マニュアルも整備されている。詳細は以下のとおり。

表 12 運営・維持管理の技術

サブ プロジェクト	運営・維持管理の技術
大連製薬（当時） 環境保護対策	特に国際競争入札により購入した機材に関しては、先進的な輸入機材であったことから、職員の操作技術が十分でなかった。このため、国内研修 7 回（のべ 27 人）、海外研修 3 回（のべ 10 人）を行った。このほか、包括的・系統的に定期研修を実施するため、各部門と工場全体の年間研修計画を毎年作成し、職能別研修、品質管理研修、管理研修等を実施し、試験も厳格に実施している。研修は工場全体で毎年約 40 回行っており、のべ 2,000 人以上が参加している。また、大卒以上の技術者を積極的に雇用し、643 名のうち、大卒が 169 人、修士修了者が 4 人、博士課程修了者が 2 人である。さらに、機械化が進んだため、設備操作、維持管理などに関するマニュアルも整備した。これらの対策により、当初直面した技術的課題は解決されている。（出所：PCR）
大連セメント 粉塵処理	同会社の安全・環境保護課の 5 名の職員が環境保護面に関して責任を負っている。1 名は、山東大学の環境保護学専攻の卒業生である。職員は集塵機等機材引渡時に操作・維持管理に関するガイダンスを受けた。技術者は毎年社内研修で安全・環境保護に関して指導を受けている。（出所：聞き取り調査）
大連鋼鉄（当時） 電炉汚染対策	職位別操作、設備管理、規程規則などに関して研修が実施されている。維持管理マニュアルも通常運行時や設備故障時のほか、研修にも活用されている。（出所：聞き取り調査）

3.5.3 運営・維持管理の財務

財務諸表及び実施主体への聞き取り調査によると、いずれの実施機関も財務状況に問題ないと言える。各実施主体の詳細は以下のとおり。

【大連製薬（当時）環境保護対策（大連美羅大薬場）】

下表の通り 3 年間黒字を保っており、2012 年 3 月現在の株価は約 6.8 元である³⁴。事業実施前は石炭や重油代が生産コストを押し上げて赤字であったのに対し³⁵、有効性で述べたとおり、本事業完成後は、エネルギー消費が標準石炭換算で 1997 年の約 17%に縮小し、生産コストも削減したため、黒字を計上している。なお、工場移転のため、2009 年と 2010 年は工場が稼働していなかったため、一時的に総収入が落ち込んだ。しかし、2011 年以降新工場が稼働していることから、総収入も増加する見込みである。

³⁴ 出所：大連美羅大薬場への聞き取り調査。

³⁵ 出所：大連美羅大薬場借款状況報告書。

表 13 大連美羅大薬場の財務状況

単位：百万元

項目	2008年	2009年	2010年
総収入	123.36	108.69	70.56
運営経費	67.52	53.49	19.9
行政管理及び一般費用	26.88	32.12	31.22
営業利益	29.39	18.27	2.51
総資産	415.56	396.93	648.16
流動資産	97.5	89.36	79.51
固定資産	325.08	67.31	281.92
流動負債	414.06	395.73	643.89
総負債	415.56	396.93	648.16

出所：大連美羅大薬場質問票回答

【大連セメント粉塵処理（大連水泥集团公司）】

大連水泥集团公司は、持株会社が中国長城資産管理公司に変更となったが、引き続き国有企業として運営している³⁶。2008 年前半は工場の移転により操業できなかったため、同年のセメント生産量は計画の 42%に留まり、下表のとおり営業利益も落ち込んだ。しかし、2009 年以降はフル稼働し、総収入、営業利益が共に伸び、黒字を計上している。

表 14 大連水泥集团公司の財務状況

単位：百万元

項目	2008年	2009年	2010年
総収入	364	551	653
運営経費	292	457	582
行政管理及び一般費用	52	74	92
営業利益	1	15	16
総資産	1,250	1,404	1,572
流動資産	548	278	324
固定資産	679	1,106	948
流動負債	828	710	744
自己資本	401	448	477
総負債	849	955	1,094

出所：大連水泥集团公司質問票回答

【大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策（東北特殊鋼鉄）】

大連鋼鉄は東北特殊鋼鉄に合併したことにより、中国最大、世界第 5 位の国有特殊鋼メーカーとなり、経営基盤がより強固になった。東北特殊鋼鉄の資本金は約 36 億 4,417 万元（約 473 億円）である³⁷。出資の割合は、大連鋼鉄が約 36%、遼寧省政府が約 28%、撫順特殊鋼が約 22%、黒龍江省政府が約 14%である³⁸。下記のとおり、過去 3 年間の経営状況も安定している。

³⁶ 出所：JICA 内部資料。

³⁷ 出所：東北特殊鋼鉄への聞き取り調査。

³⁸ 出所：東北特殊鋼鉄への聞き取り調査。

表 15 東北特殊鋼鉄の財務状況

単位：百万元

項目	2008年	2009年	2010年
総収入	13,307.20	10,553.50	12,496.22
運営経費	11,923.50	9,717.80	10,986.60
行政管理及び一般費用	675.6	679.6	727.1
営業利益	126.73	317.8	124.59
総資産	22,533.27	25,880.60	35,909.67
流動資産	8,527.24	8,429.30	12,743.95
固定資産	10,717.56	13,921.40	19,861.35
流動負債	11,238.67	13,042.20	20,976.91
自己資本	6,371.33	5,634.80	4,543.32
総負債	16,161.94	20,245.80	31,366.35

出所：東北特殊鋼鉄質問票回答

3.5.4 運営・維持管理の状況

各設備・機材の維持管理状況、維持管理計画、運転記録などを確認したところ、問題は認められなかった。鋼鉄工場の移転先や製薬工場の再移転先に据え付け直した機材も問題なく稼働していた。また、聞き取り調査によると、いずれの工場においても、ドイツやアメリカ、日本等から輸入した機材のスペアパーツも容易に入手可能であるとのことだった。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、大連、重慶、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想」の一環として実施された。大連市は、主なエネルギー源を石炭に依存しており、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施は喫緊の課題であった。二酸化硫黄（Sulfur Dioxide、SO₂）や総浮遊粒子物質（Total Suspended Particular、TSP）等の大気汚染物質排出量の削減に関して、実績確認ができた 4 件のサブプロジェクトにおいて概ね計画通りの効果の発現が見られた。実施主体と直接実績確認できなかった 1 件についても、入手できた情報の範囲では環境基準を超えて汚染物質を排出している事実は認められなかった。また、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。よって、本事業の有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費が計画を上回り、事業期間も計画を大幅に上回ったため、低い。一方、各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業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

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

4.3.1 評価に必要なデータ収集にかかる教訓

本事業では、サブプロジェクトの 1 つが 100%自己資金で実施され、かつ完成後 10 年以上経過していたため、設備の稼働状況や大気汚染物質の排出量削減の実績について確認出来ず、当該サブプロジェクトの有効性を評価できなかった。複数のサブプロジェクトで構成される事業においては、全体を適切に評価するうえで各サブプロジェクトの実績データが重要となるため、今後、同様のケースにおいては、相手国実施機関と合意の上、100%自己資金実施分についても実績データを収集しておくことが望ましい。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット 1) 大連製薬工場の環境保護対策 2) 塩島化学工業区熱電工場建設 3) 春海熱電工場増設 4) 大連セメント粉塵処理 5) 大連鋼鉄電炉汚染対策	工場移転に伴う生産ラインの設置、廃水処理施設の建設。 流動床ボイラー、発電ユニット、石炭輸送システム、電気システム等の建設。 流動床ボイラー、発電ユニットの建設。 バグフィルター、キルン用集塵機、余熱発電システム、石炭ミル、セメントミル、空圧機等。 40トン電気炉1基及び40トン取鍋炉1基用の集塵設備の据付、アルゴン酸素脱炭精錬炉1基及び集塵設備の据付、連続鑄造設備の据付、以上外貨分。20トン電炉3基用の集塵設備の据付、10トン電炉3基及び15トン電炉3基の廃炉、以上内貨分。	計画通り。 発電ユニットの性能が15,000kwに変更になった以外は計画通り。 計画通り。 石灰石輸送システム（3.75km）の追加、空圧機から引風機への変更を除いては計画通り。 計画通り。
② 期間	(I) 2000年3月～2002年2月 (24ヵ月) (II) 2001年3月～2003年3月 (25ヵ月)	(I) 2000年3月～2004年10月 (56ヵ月) (II) 2001年3月～2009年12月 (106ヵ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	(I) 5,315百万円 4,860百万円 (32,402万元) 10,175百万円 5,315百万円 1元＝15円 (1999年10月現在) (II) 3,202百万円 1,307百万円 (10,053万元) 4,509百万円 3,202百万円 1元＝13円 (時期不明)	(I) 2,273百万円 3,584百万円 (25,715万元) 5,857百万円 2,273百万円 1元＝13.94円 (2000年3月～2006年5月平均) (II) 3,116百万円 12,652百万円 (88,788万元) 15,766百万円 3,116百万円 1元＝14.25円 (2001年3月～2010年7月平均)

0. 要旨

中国は国連の定める貧水国であり、一人当たりの水資源使用量は世界平均の 4 分の 1 程度であるが、中でも、本事業対象地である新疆ウイグル自治区は、降水量が年間 150 ミリ前後と少ないうえ、農村人口を多く抱えている。中国及び当該自治区において、基盤整備による安定的な灌漑用水の供給、水管理能力の向上、農業生産性の向上は重要課題であり、本事業は審査時及び事後評価時ともに、中国政府の国家開発目標、自治区の農業政策、環境政策、貧困対策に係る政策／施策、事業対象地域のニーズと合致している。また、審査時における日本の援助政策とも整合しており、事業実施の妥当性は高い。本事業では目標の節水量・節水率をほぼ達成しており、事業対象地域における農作物の単位収量増加や農民の収入向上にも一定程度貢献していることから、本事業の有効性・インパクトともに高い。事業費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。本事業により造成された設備の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



幹線水路（トルファン）

1.1 事業の背景

中国は国連の定める貧水国であり、一人当たりの水資源使用量は世界平均の 4 分の 1 程度である。2000 年時点で、灌漑用水は全用水量の 7 割を占めていたが、低い施設整備水準、老朽化して更新の進まない水利施設、用水の非効率な利用、維持管理コストに見合わない安価な水利費等、課題が多かった。

新疆ウイグル自治区は中国の西端に位置し、面積は 165 万 km²と中国の省・自治区の中で最大であり、中国全土の約 6 分の 1、日本の国土の約 4.5 倍である。2001 年時点で面積の約 4 分の 1 は砂漠が占めており、これは中国全土の砂漠総面積の約 3 分の 2 に相当し、灌漑な

しには耕作不可能な地域であった。乾燥地で用水節約の必要性が大きいにもかかわらず、灌漑施設は土水路等が主であったため用水損失量が極めて高かった。2001 年時点で総人口は約 1,900 万人で、その 3 分の 2 は漢族以外の少数民族が占め、沿海部との所得格差が大きく深刻な内陸貧困地域でもあった。同自治区にとって、限られた水資源の最大限の効率利用とそれによる農業生産性・収益性の向上を通じた生活水準の向上は重要な課題であった。

1.2 事業概要

新疆ウイグル自治区の 9 地区において、土水路舗装、節水灌漑設備の整備並びに揚水井戸の新設及びリハビリ等の整備を行うことにより、農作物の単位収量増加、水系からの取水低減を図り、もって砂漠化防止、並びに農家の生活向上改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	14,400 百万円／13,347 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2001 年 3 月 30 日／2001 年 3 月 30 日
借款契約条件	金利 1.3%、返済 30 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／新疆ウイグル自治区人民政府
貸付完了	2010 年 3 月 8 日
本体契約	Xinjiang North Construction Co., Ltd. (中国)・Xinjiang Sutong Engineering Construction Co., Ltd. (中国) (JV)
コンサルタント契約	なし
関連調査（フィージビリティ・スタディ： F/S）等（if any）	新疆ウイグル自治区水利水電勘测設計研究院による F/S（2000 年 5 月）
関連事業（if any）	JICA:「大型灌漑区節水かんがいモデル計画」（2001～ 2006 年） 世界銀行（IDA）Tarim Basin I（1992-1997）：水資源管 理、農業、畜産等 世界銀行（IDA&IBRD）Tarim Basin II（1998-2003）： 水資源管理、農地開拓、環境モニタリング等



出所：実施機関提供

図 1 事業対象地図（四角は事業対象地）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

相馬 真紀子（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、以下の通り調査を実施した。

調査期間：2011 年 7 月～2012 年 9 月

現地調査：2011 年 10 月 9 日～10 月 22 日、2012 年 2 月 21 日～3 月 2 日

2.3 評価の制約

サイト踏査及び受益者調査の対象地域について、本事業は 8 地区¹を対象とするところ、調査時間の制約を考慮し、実施機関である新疆ウイグル自治区政府と相談の上で、サイト実査は新疆北部よりトルファン、塔城、昌吉の 3 地区内のサイト、受益者調査は左記 3 サイト及び新疆南部の阿克蘇を加えた 4 地区内のサイトを選定した。サイト踏査と受益者調査に関して、これらサイトの調査結果が全ての対象地域に当てはまるとは限らない。

¹ 審査時の計画では対象地は 9 地区の予定であったが、ウルムチ地区がキャンセルになったため 8 地区となった。キャンセルとなった理由については 3.4.1 で詳述している。

3. 評価結果（レーティング：A²）

3.1 妥当性（レーティング：③³）

3.1.1 開発政策との整合性

中国は、第9次5カ年計画（1996~2000）において、総合的水資源管理及び砂漠化防止のため、300の節水灌漑増産重点モデル県の指定、全国合計で2000年末に節水灌漑面積1,867万haの達成、年間60億m³/年の農業用水節水、という3つの計画及び目標を掲げた。

第10次5カ年計画（2001-2005）では、第9次5カ年計画期間中に益々深刻化した砂漠化のため、砂漠化しやすい乾燥地での植生被覆確保は更に重視されるに至った。また、1998年の長江大洪水等により新規開墾は厳しく制限されるようになった一方で、増加が予想された人口の食糧需要に対応する必要がある、単位収量の増加は一層重視されるようになった。潜在的な食糧生産能力の高い乾燥地において高効率の節水灌漑農業を行うことは、植生被覆確保と食糧・貧困問題の改善等多方面から重視されていた。

中国第11次5カ年計画（2006-2010）では、節水農業技術を加速するため、高収量栽培への移行、節水型農業地域の拡大、節水技術の促進等を推進していた。また、三北（東北、西北、華北）の緑化、防護林の造成、退耕還林・退牧還草（農耕や牧畜を制限して緑化面積を増やす）を通じた砂漠化防止にも引き続き重点が置かれていた。

第12次5カ年計画（2011-2015）においても、砂漠化防止や節水農業、持続的な資源利用の追及、農業生産の効率化による生産性の強化等が重要視されている。

貧困対策については、東部沿海地区の優先開発の結果生じた格差を是正するための政策として、西部大開発によって、2001年から段階的に50年にわたって内陸西部地区を経済成長軌道に乗せるための開発政策が実施されている。

新疆ウイグル自治区政府は、第11次5カ年計画（2006-2010）の中で植生被覆回復と砂漠化防止、節水農業・灌漑技術の普及による節水に重点をおいていた。「全国生態環境建設計画」（1999年1月）に則って2010年までに節水社会の実現を目指し、節水灌漑面積の増加や灌漑用水有効利用係数の引き上げ、節水に対する意識の向上等の目標を掲げていた。

自治区第12次5カ年計画（2011-2015）においても、タリム盆地とジュンガル盆地における砂漠化防止等が重要視され、2015年までに高効率節水灌漑地域を約2倍に広げ、灌漑用水有効利用係数をさらに引き上げるほか、舗装水路の増加、総合灌漑水量の引き下げ等の目標が掲げられている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

中国の穀物生産に係る用水利用は非効率であり、2001年時点で節水灌漑技術先進国のイスラエルでは用水1立方メートルあたりの穀物生産量が2.32kgであった一方、中国ではわずか1kgであり、節水技術の導入が求められていた。内陸部の貧困地域は、中国の中でも特に節水灌漑技術の導入が遅れていることが指摘されていた。内陸貧困地域である新疆ウイグル自治区において、節水灌漑技術導入による生産性向上を図る

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

ことは、貧困農家の収入増加、沿海部との所得格差緩和に貢献するものと期待された。

また、JICA 技術協力プロジェクトとして実施された大型灌漑区節水かんがいモデル計画（2001 年 6 月-2006 年 5 月）においては、全国から重点 3 灌漑区を選び、そこで得られた知見を全国 20 灌漑区へ普及させるという方式をとった。本事業実施地区の一つである新疆ウイグル自治区瑪納斯県が 20 灌漑区の一つとなっていたことから、本事業実施時の同国の開発ニーズは高かったといえる。

新疆ウイグル自治区は、年間降水量が 150 ミリ前後という厳しい自然環境に加え、農村人口を多く抱える地域である。農村人口は 2001 年の 1209 万人（総人口比 64.4%）に対し、2010 年には 1241 万人（総人口比 56.9%）と依然多数を占める。

同地域は降雨量が少なく、天然の河川は年間を通して流量が不規則であるため、安定的な灌漑用水の供給は同地域の農業開発において大きな制約要因であり、灌漑設備の整備と灌漑技術の導入は事後評価時においても大いに改善の余地がある。厳しい自然条件に加え農村人口を多く抱える新疆ウイグル自治区において、基盤整備による安定的な灌漑用水の供給、水管理能力の向上、農業生産性の向上は引き続き重要視されている。本事業の対象地である 8 地区（昌吉州地区、塔城地区、博爾塔拉蒙古自治州地区、トルファン地区、ハミ地区、喀什地区、阿克蘇地区、巴音郭楞蒙古自治州）は、節水の必要性が高いこと、地方政府に建設費を自己負担する意思があること、節水灌漑を導入した経験があること、また、有能な技術者を有していること等の選定基準に基づき選定された。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

JICA は、海外経済協力業務実施方針（1999 年 12 月~2002 年 3 月）の中で、「環境」、「食糧・貧困」及び「地域格差是正のための内陸部重視」を対中国支援の重点 3 分野と定め、国別業務実施方針では砂漠化防止、環境保全型農業、農村開発や農業生産性の改善を通じた貧困緩和事業、効率的な水資源利用のための水利事業が重点化されていた。

以上より、中国政府及び新疆ウイグル自治区の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており事業実施の妥当性は高い。

3.2 有効性⁴（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) 節水率

本事業は水系からの取水低減を目的のひとつとしており、事業効果を測る主たる指標は事業対象地の節水率⁵である。表 1 の通り、灌漑用水需要量は 180.4 億 m³から 171.8 億 m³に減少し、節水率も目標の 4.9%に対し 4.8%と目標値をほぼ達成した⁶。表 2 の通

⁴ 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。

⁵ 本報告書上の節水率は、「本事業による節水量÷事業前の灌漑用水需要量」として求めている。

⁶ 事業対象地域の農業生産量は、2,017,220 トン（2000 年）から 2,205,262（2010 年）と増加しており、耕作面積についても、127 万 ha（2000 年）から 129 万 ha（2010 年）と微増しており、節水量は農業生産

り、灌漑タイプ別の水利用効率⁷も、水路、スプリンクラー、ドリップ、パイプのすべての節水灌漑設備で目標値を上回った。

表 1 使用灌漑用水需要量と節水量

(単位： 億m³)

指標名	事業前	事業後	節水量	
灌漑用水需要量	180.4	171.8	8.6 (節水率 4.8%)	
			節水量内訳	
			水路ライニング	4.3
			スプリンクラー	1.5
			ドリップ	2.3
			パイプ	0.5

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

表 2 水利用効率

	目標値	実績値 (2009年)
水路	57%	93%
スプリンクラー	81%	97%
ドリップ	85%	100%
パイプ	84%	97%

出所：JICA 審査時資料、質問票回答



くみ上げポンプと肥料混入機械 (沙湾)



ドリップ灌漑が施された綿花畑 (昌吉)

(2) 農作物単位収量

事業対象地域の主要作物の単位収量は、表 3 の通り増加している。小麦については事後評価時に基準値の 176%、トウモロコシは 139%、綿花は 140%、果物は 143%となっている。灌漑設備の整備・改善及び水管理技術指導の実施により、事業前と比して適正な量の水を適切な時期により安定的に供給できるようになった点で、単収の増加にハード・ソフト両面で本事業が果たした役割は大きい。別の要因として、自治区農業庁や地方

の全体量の低下に起因するものではない。

⁷ 本報告書上の水利用効率は、「作物の根に届いた水の量÷水路から圃場に入った水量」として求めている。

政府の農業局による肥料・農薬やマルチング⁸の効率的な使用方法等の技術指導が貢献したと考えられる。ドリップ灌漑設備は、保湿・保温効果のあるマルチング等の農業技術と組み合わせることにより節水効率を一層改善し、さらに農業生産性も向上させることが可能である。本事業では、技術指導における自治区水利庁と農業庁の連携は特になく、研修の内容に重複があった可能性や、研修スケジュールが必ずしも効率的でなかった可能性もある。両機関が協力して水管理技術及び栽培技術研修を企画・実施することで、研修内容の重複を避け、内容も一層充実させることができた可能性がある。

表 3 主要作物別単位収量

	(単位 : kg/ha)		
	事業前 (2000 年)	事業後 (2011 年)	増減率
小麦	4,978	8,774	176%
トウモロコシ	7,781	10,828	139%
綿花	3,403	4,751	140%
果物	39,625	56,643	143%

出所：実施機関提供資料

3.2.2 定性的効果

本事後評価において、昌吉、沙湾、トルファン及び新河の 4 地域にて 25 名ずつ 100 名の本事業受益農民を対象にアンケート調査を行った。調査結果によると、「本事業で導入された灌漑設備により従来と比べて節水が可能になった」との回答が 100%であり、農民は本事業が節水に貢献したと認識している。また、96%が「農場の生産性が向上した」と回答していることから、農民は農作物の収量増加についても認識している。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 植生被覆を通じた砂漠化防止

新疆ウイグル自治区政府は自治区内砂漠面積の経年変化等のデータを有していないが、表 4 の通り対象地域の森林被覆面積が 2.22%から 4.52%に増加し、植生被覆面積は 12.8%から 26.4%に増加していることから、事業対象地域において砂漠化防止の整備が進み、砂漠化の進行が一定程度抑制されたといえる。植生被覆の増加は直接的には中国政府の緑化事業の成果と考えられ、本事業がどの程度貢献したのか因果関係を明らかにすることは困難であるが、本事業の施設整備を通じた効率的な水資源管理は、砂漠化に対する適切な予防・対応策として、間接的に砂漠化防止対策に貢献したといえる。受益者調査では、近隣の住民が以下の通りの効果・変化を認識していることが明らかになった。

- ・ 砂漠化が緩和された 96%
- ・ 砂塵嵐が軽減した 97%
- ・ 風食が軽減した 95%

⁸ 保温、保湿、雑草の繁茂抑制、肥料の流亡防止等の目的で、畑の表面を紙やプラスチックフィルム等で覆うこと。

表 4 植生被覆増加表

(単位:百万 ha)

	基準値 (2000 年)	目標値 (2006 年)	実績値 (2009 年)	事後評価時 (2011 年)
森林面積	1.86 (2.22%)	2.06 (2.45%)	2.94 (3.5%)	4.02 (4.52%)
植生被覆面積	10.75 (12.8%)	12.0 (14.27%)	14.95 (17.78%)	23.5 (26.4%)

出所：質問票回答

(2) 農民の生活向上

本事業対象地域の主要作物の単位当たりの収入については、表 5 の通り綿花以外は増加している⁹。この背景には、前出の通りこれら作物の単位収量が増加していることと、国際市場の影響から綿花以外の主要作物の取引価格が上昇していることが関係していると考えられる。また、受益者調査結果では、98%が「農業収入が増加した」と回答していることから、農家の収入は増加したといえる。

表 5 主要作物の単位当たり収入

(単位：元/ムー¹⁰)

	事業前 (2000 年)	事業後 (2011 年)	増減 (%)
冬小麦	365.2	1228.5	336%
トウモロコシ	467.1	1225.7	262%
綿花	2837.5	2528.0	89%
果物	2907.3	8684.8	299%

出所：実施機関提供資料

表 6 は、本事業対象地域における農家の年間農業収入の変化を、灌漑メソッド別に比較したものである。事業前と比較すると、農民の収入が増加していることが分かる。

表 6 灌漑タイプ別年間農業収入 (一人あたり)

(単位：人民元)

	事業前 (2000年)	事業終了時 (2009 年)	事後評価時 (2011 年)	事業前から 事後評価時まで の増加率 (%)
幹線土水路のコンクリート ライニング敷設・末端水路 灌漑施設整備	2,520	4,634	5,902	234%
スプリンクラー整備	2,095	4,644	6,236	298%
ドリップ灌漑施設整備	2,808	6,352	7,588	270%
パイプ灌漑設備	2,755	4,235	5,410	196%

出所：質問票回答

⁹ 綿花以外の主要作物の単価は、事業前 (2000 年) と事後評価時 (2011 年) で、冬小麦及びトウモロコシは 1.9 倍、果物は 2.1 倍に増加し、綿花は約 3 分の 2 に減少している。

¹⁰ ムーとは中国における面積の単位で、1 ムーはおおよそ 0.067 ha。

受益者調査回答の集計結果は表 7 の通りである。回答者の生活水準の向上は中国の一般的な経済成長に伴っている面もあり、本事業の直接効果として短絡的に判断することはできない。しかし、受益者調査では節水灌漑技術の使用による水の総使用量の減少、灌水の自動化による労働力の軽減、農薬の一部や化学肥料をドリップパイプで根域に直接届けることによる施肥量の抑制等が確認されており、生産コスト低減に繋がっていると考えられる。本事業による効率的、且つ安定的な灌漑用水の供給と、灌漑設備の整備による顕著な所得改善効果、水費、農薬や労働力等のコスト低減により、受益農民の生活水準向上への一定の寄与は認められる。

表 7 受益者調査結果

生活向上への効果	左欄の文章に同意する回答者
労働力が軽減した	90%
個人資産が増加した	99%
貯蓄が増加した	98%
子どもの教育レベルが向上した	93%
家族の健康状態が向上した	99%
家畜の頭数が増加した	93%
服飾品への支出が増加した	98%
住宅環境が改善した	97%

出所：受益者調査結果

3.3.2 その他、正負のインパクト

自然・社会環境へのインパクト

審査時には、塩類集積、地下水取水量増加、工事による植生への影響等が懸念されていたが、実際には大きな問題は発生していない。スコープ変更により幹線水路の敷設地の一部が植林サイトに変更されたが、これは植生回復改善に貢献するものであり影響はない。地下水くみ上げ量については、後述する通り新規井戸開発は中止して更新（付け替え）・改善のみが行われることになったことに加え、政府が厳しく取水量を制限しているため、くみ上げ過ぎは問題になっていない。本事業による住民移転・用地取得は発生していない。

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、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

新疆ウイグル自治区の事業対象地 9 地区のうち、除外されたウルムチを除く 8 地区において、土水路舗装、節水灌漑設備（スプリンクラー、ドリップ、パイプ）の整備並びに揚水井戸の新設及びリハビリ等の整備を実施した。審査時の計画では対象地は 9 地区の予定であったが、ウルムチ地区がキャンセルになったため 8 地区となった。ウルムチがキャンセルとなった理由は、対象地内の多くの農家が本事業の事前調査開始時（1998 年）から実際の工事開始（2003 年）までの間に比較的高度な灌漑技術を導入

し始めており、ウルムチ市政府が農民ではなく企業に投資しようと計画したが、実施機関であるウイグル自治区政府がこれを認めなかったためである。本事業は貧困削減も目的としており、自治区政府は農民を対象とした事業を推進する意向であったことから、2005 年に自治区水利庁はウルムチでの事業予算を、より農民のニーズの高い他の地域（昌吉、沙湾、トルファン、ハミ）に配分することを決定した。

アウトプットの計画値は、2002 年 9 月に JICA により実施された中間監理を経て下記の通り変更があった。アウトプット目標値を変更した理由は以下の通りである。

- ・ 2002 年に各県・市毎にて詳細設計を行った結果、審査時に必ずしも確定していなかった各灌漑設備の全体スコープの詳細数値が確定した。
- ・ 2002 年に末端灌漑設備建設予定地の一部が植林対象地となったため、スケールが縮小された。
- ・ スプリンクラー灌漑は水分蒸発率の高さと強風を理由にできるだけ避けるべきとの科学的見地から大幅縮小した。
- ・ スプリンクラーからドリップへの切り替え及び果物栽培のためのドリップ灌漑施設を増加した。
- ・ 地下水のくみ上げ過ぎが問題となっていたため新規井戸開発は中止して更新（付け替え）・改善のみが行われることになった。
- ・ 南疆（新疆南部）のサイトについては、2001 年に合計 107 億元の国家無償投資により「タリム河保全計画」が実施されることとなり、自治区水利庁は、阿克蘇、巴音郭楞蒙古自治州における本事業との重複部分を円借款スコープから除外した。

アウトプットの変更は、表 8 の通りである。⑥揚水井戸の新設リハビリの実績値が大幅に変更となったのは、井戸の建設パッケージですべての入札者が高額過ぎる値を付けたことにより落札に至らなかったためである。これらは、ニーズの高いドリップ灌漑建設に変更された。

表 8 アウトプット

	計画値 (目標年 2006年)	2002年改定 計画値 (目標年 2006年)	事後評価時 実績値 (2011年)	差異 (2002年 目標値比)
① 幹線土水路のコンクリートライニング敷設	1,256 km	1,265 km	1,692 km	+427 km
② 末端水路灌漑施設整備	2,401 ha	1,333 ha	1,333 ha	0
③ スプリンクラー整備	68,550 ha	25,392 ha	23,628 ha	-1,764 ha
④ ドリップ灌漑施設整備	24,767 ha	43,135 ha	50,154 ha	+7,019 ha
⑤ パイプ灌漑設備	6,797 ha	6,535 ha	6,647 ha	+112 ha
⑥ 揚水井戸の新設リハビリ	2,401 個	1,745 個	1,033 個	-712 個

出所：質問票回答、実施機関への聞き取り調査

上記の通り、本事業ではアウトプット及び対象地の変更があった。これらの変更は、事業実施中に地域のニーズに合わせて逐次見直しを行った際に生じており、事業目的を達成し、事業に対する負の影響を回避するために適切な対応であったと考えられる。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

事業費は計画内に収まった（円建てで計画比 79%、現地通貨建てで計画比 74%）。これは、本事業のアウトプットが、目標値の変更を経て全体として縮小し、それに伴い、表 9 の通り事業費も減少したためである。審査時に積算された総事業費は 25,678 百万円（内、円借款対象は 14,400 百万円で、残りは地方政府の予算によって賄う予定）であった。実績は 20,221.02 百万円（内、円借款は 13,346.54 百万円で、残りは自治区政府が 129.74 百万円、地区政府が 59.84 百万円、市・県政府が 309.22 百万円それぞれ負担）であった。

表 9 事業費実績

（単位：百万円）

項目	内貨（百万円）		合計（百万円）	
	全体	借款対象	全体	借款対象
水路ライニング	739.7	488.2	10,194.58	6,728.40
各種節水灌漑機材及び設置工（スプリンクラー）	145.9	96.3	2,010.80	1,327.21
各種節水灌漑機材及び設置工（ドリップ）	426.3	281.4	5,875.29	3,878.27
各種節水灌漑機材及び設置工（パイプ）	32.4	21.4	446.54	294.94
揚水井戸	122.9	81.1	1,693.81	1,117.72
合計	1,467.20	968.4	20,221.02	13,346.54

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

為替レート：1 元＝13.78205 円（事業期間を通じた平均値）

本事業では農民が無償労働を投じる「投工投労」等は実施されていない。

事業費につき、計画値、2002 年の中間監理時の改定計画値、実績値におけるコンポーネント毎の単価比較は表 10 の通りであり、全体的には、事業費の変更はアウトプットの規模の変化に伴っており、妥当であったといえる。計画時と実績値を比べると、「①幹線土水路のコンクリートライニング敷設」以外のコンポーネントの単価はほぼ同じか減少している。「①幹線土水路のコンクリートライニング敷設」費用の単価が増加した理由としては、資材の価格上昇と漏水防止処置によるコスト増加に加え、会計上の理由から「②末端水路灌漑施設整備」はじめ「③スプリンクラー整備」、「④ドリップ灌漑整備」、「⑤パイプ灌漑整備」の費用の一部がここに含まれていることによる。

表 10 コンポーネント毎の事業費単価増減

	計画値（目標年 2006 年）			改定計画値（2002 年）			実績値（2009 年）			
	規模	コスト (百万円)	単価 (百万円)	規模	コスト (百万円)	単価 (百万円)	規模	コスト (百万円)	単価 (百万円)	単価 計画比 (%) ¹¹
① 幹線土 水路のコン クリートライ ニング敷設	1,256 km	5,805	4.622	1,265 km	8,472	6.7	1,692 km	10,194.58	6.025	130%
② 末端水 路灌漑施 設整備	2,401 ha	52	0.022	1,333 ha	45.5	0.03	1,333 ha	①に含ま れる	--	--
③ スプリ ンクラー 整備	68,550 ha	5722	0.083	25,392 ha	2,159	0.09	23,628 ha	2,010.80	0.085	102%
④ ドリッ プ灌漑施 設整備	24,767 ha	3316	0.134	43,135 ha	5,835	0.14	50,154 ha	5,875.29	0.117	90%
⑤ パイプ 灌漑設備	6,797 ha	611	0.090	6,535 ha	570	0.09	6,647 ha	446.54	0.067	74%
⑥ 揚水井 戸の新設 リハビリ	2,401 個	4,033	1.680	1,745 個	2,592	1.49	1,033 個	1,693.81	1.640	98%

出所：JICA 審査時資料、質問票回答、実施機関聞き取り

3.4.2.2 事業期間

事業期間は、計画を上回った。審査時に計画された 2001 年 3 月（L/A 調印月）より 2006 年 12 月（すべての設備の県／市レベルへの譲渡完了）の 70 ヶ月に対して、実績は 2001 年 3 月（L/A 調印月）より 2009 年 11 月の 105 ヶ月であり、計画比 150%であった。

事業期間が予定を上回った理由は以下の通りである。

- ・ 冬季は非常に寒冷で夏季は非常に高温になるため工事可能期間が短く、一部の工事が予定より長引いた。
- ・ 広大な事業サイトに広がる小規模分散型事業であったことと、自治区政府にとって初めての円借款案件であり手続きに不慣れであったことから、事業スコープの変更・調整に時間がかかった。
- ・ SARS の影響により 2003 年の競争入札に遅延が生じた。
- ・ 上述の通り、井戸の建設パッケージ競争入札の過程におけるトラブルの解決に時間がかかった。

事業期間は延長されたが、各項目の工期を個別にみると、コンクリートライニング以外の工期については予定より短縮あるいは予定と変わらない。SARS や天候等の外部要因に起因する部分も多く、今回の遅延はやむを得なかったと判断できる。

¹¹ 審査時計画値との比較。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

本事業の経済的内部収益率（EIRR: Economic Internal Rate of Return）はプロジェクトライフを 50 年、便益を小麦、野菜、果物等、本事業により生産される農産物による増収として算出されている。審査時における EIRR は 15.0%、同様の方法により事後評価時において算出された値は 15.27%である。

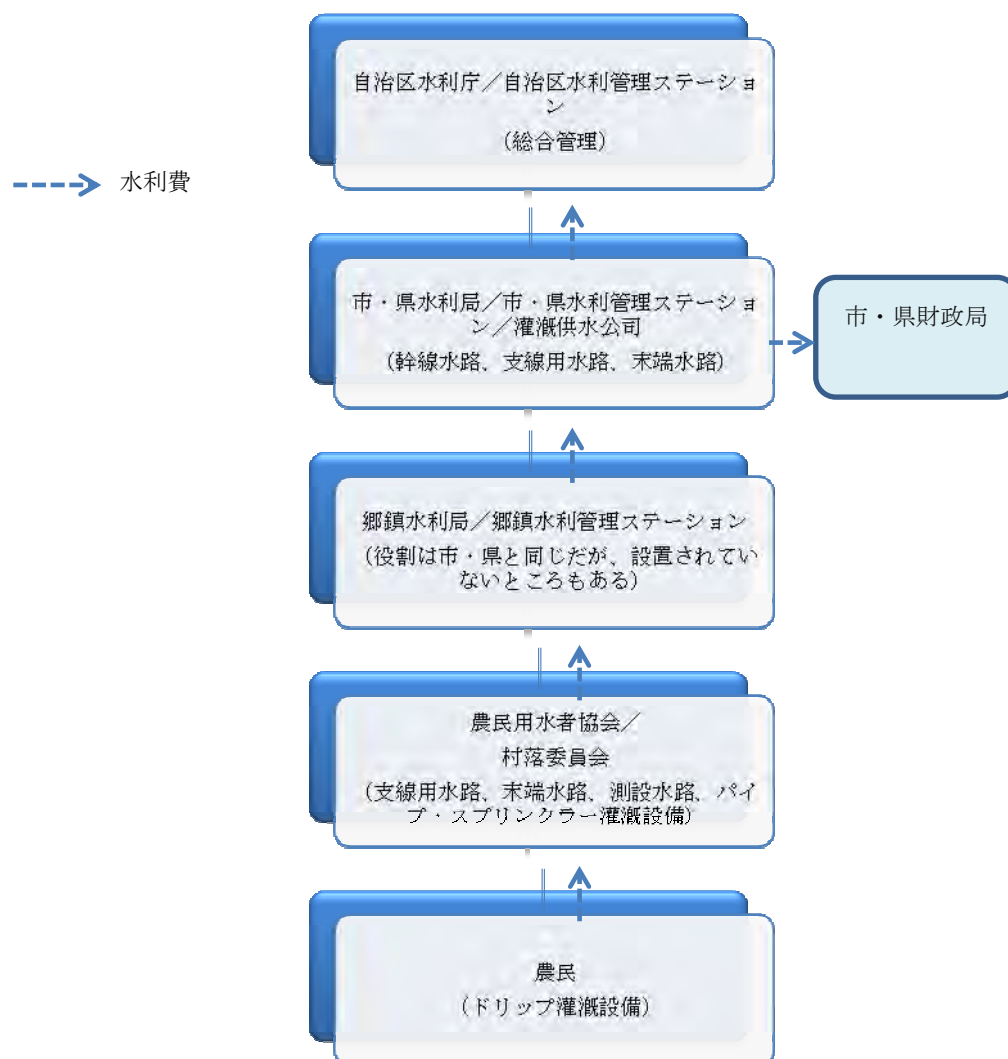
事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

施設運営及び管理体制については、計画と大きな変更はない。幹線水路の維持・管理は市・県水利局の水利管理ステーション（場所によっては灌漑供水公司）が担当し、末端水路や測設水路、排水溝、節水灌漑設備（パイプ、スプリンクラー等）は用水者協会¹²と村民委員会が維持・管理を実施している。農家の圃場内のドリップ灌漑設備は農民自身が管理している。受益者調査結果によれば、89%の農民が半年に一度以上灌漑設備の維持管理活動を行っており、これら農民の内 22%は、月に一度以上の頻度で維持管理活動を行っている。

¹² 灌漑設備の維持管理、水利費徴収等を行う水利組合組織。



出所：質問票回答、実施機関聞き取り調査

図 2 管理体制図



末端水路（トルファン）



ドリップ灌漑で実る葡萄（トルファン）

3.5.2 運営・維持管理の技術

表 11 の通り、各市・県では十分な数の技術者が配置され、マニュアル等も整備されていることから、主要な幹線水路に関する維持管理の技術的な面では問題ないと考えられる。事業実施中から実施後に亘り、用水者協会や村民委員会、地方政府の水利管理ステーションを対象に水路や灌漑設備の建設・管理技術について実施機関や地方政府主導で多数の研修が実施されている。各水利管理ステーションではスタッフの技術レベルが初級工、中級工、高級工と別れており、各機関で評価を実施し、技術スタッフの技術レベルの維持に努めている。農民レベルでドリップやスプリンクラー灌漑等ある程度高度な技術を要する設備の使用を周知するために、市・県政府の水利管理ステーションから選出された技術スタッフが村落を訪れ、農民に直接節水灌漑の利用方法や管理方法について指導した。特に、農閑期である冬に行われるこれら研修は「科技之冬」と呼ばれ、用水者協会と村落委員会向けの技術研修等が集中して実施された。技術の高度さゆえに、初めは本事業への参加を躊躇していた農民も多かったが、一部の農民の間で徐々に効果が出始めると、それを見た周辺の農民たちが共感し、技術習得への意欲を高めたようである。用水者協会は、パイプ埋め込み技術の向上、ドリップ及びスプリンクラー灌漑の自主管理能力の向上とともに、農民の節水意識向上のため中心的な役割を果たしている。また、自治区政府及び市・県政府では、河川流量計測、地下水モニタリング等を実施し、取水量を監理している。

表 11 運営維持・管理業務内容と従事者・技術者数

	グループ数 ・人数	維持管理 業務内容	スタッフ数	技術者数 (技術者の 割合：％)
市・県水利管理ステーション	35 グループ	貯水池、幹線水路、末端水路	1,298	763 (59%)
灌漑供水公司 (10 の市・県)	80 グループ	支線用水路	1,313	742 (57%)
村民委員会	853 グループ	末端・測設水路	1,209	265 (22%)
用水者協会	898 グループ	節水灌漑施設	1,875	686 (37%)
ドリップ灌漑を使用する農民	228,529 人	ドリップ灌漑設備の管理	--	--

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

3.5.3 運営・維持管理の財務

各市・県によって水利費徴料は異なるが、農民が納める水利費は 0.1～0.18 元／m³程度であり、内 0.02～0.03 元／m³程度が用水者協会の末端水路の維持管理として積み立てられ、残りの 0.07～0.16 元／m³程度が水利管理ステーションが行う幹線水路の維持管理に使用されている。水利費の徴収率は 99%と極めて高いが、幹線水路維持管理費を賄うには十分ではないため、地方政府や自治区政府から補助を受けている。自治区政府では「小型農田水利基本建設費」等の財源があるため、設備の運営維持管理の財源の不足は生じないとのことである。スプリンクラーやパイプ灌漑設備、末端水路管理に関しては、用水者協会が利用者からの水利費徴収分で維持管理費を賄っている。ドリップ灌漑の農家圃場内の設備については、農民自身が維持管理費をすべて負担している。

受益者調査によれば、農民の 91%が水利費徴収額は妥当と回答し、97%が水利費を不足・遅滞なく支払っていると回答している。

審査時の懸念として、事業対象地域のうち南疆の喀什と阿克蘇の 2 地区において、貧困農家からの水利費徴収が難しい可能性が指摘されていた。実際には、事後評価時点における両県の水利費徴収率は 100%近く、問題にはなっていない。これは、本事業による節水灌漑設備の導入により、農民が灌漑水の総使用量を本事業実施前と比べて低く抑えることが可能になったためだと考えられる。同地域では以前、非効率な地表灌漑により大量の灌漑水を使用していたため水利費が高んでいたが、節水灌漑に切り替えることで水利費への出費を抑えることが可能になったのである。

3.5.4 運営・維持管理の状況

現地踏査で視察したトルファン市、昌吉市、沙湾県の幹線水路や末端水路、地下水くみ上げポンプやドリップ灌漑用のパイプ、低圧パイプ等の維持管理状態は良好であった。受益者調査では、98%の農民が本事業で導入された設備の稼働状態は良好であると回答している。

以上より、本事業により造成された設備の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

中国は国連の定める貧水国であり、一人当たりの水資源使用量は世界平均の 4 分の 1 程度である。中でも、本事業対象地である新疆ウイグル自治区は、降水量が年間 150 ミリ前後と少なく、天然の河川は年間を通して流量が不規則であるため、安定的な灌漑用水の供給は農業セクターにおいて古来より大きな制約要因である。厳しい自然条件に加え農村人口を多く抱える同地域において、基盤整備による安定的な灌漑用水の供給、水管理能力の向上、農業生産性の向上は重要課題であり、本事業は審査時及び事後評価時ともに、中国政府の国家開発目標、新疆ウイグル自治区の農業政策、環境政策、貧困対策に係る政策／施策、事業対象地域のニーズと合致している。また、審査時における日本の援助政策とも整合しており、事業実施の妥当性は高い。本事業では目標の節水量・節水率をほぼ達成しており、事業対象地域における農作物の単位収量増加や農民の収入向上にも一定程度貢献していることから、本事業の有効性・インパクトともに高い。事業費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。本事業により造成された設備の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

本事業では、ドリップやスプリンクラー灌漑等、維持管理に高度な技術を要する設備が採用されたため、実施機関である自治区水利庁や地方政府水利局は農民の技術レベル向上のための研修や啓蒙活動に注力した。実施機関によれば、事業開始から数年間は、技術の高度さゆえに農民からの理解を得ることが難しく、技術の定着が懸念されていた。その後、用水者協会を効果的に活用した現場での技術指導と啓蒙活動の継続が功を奏し、一部の農民の間で徐々に効果が目に見え始めるようになると、周辺の農民にも技術習得への意欲が生まれ、積極的な研修への参加が得られるようになったとのことである。裨益者が高度な技術を習得するためには、住民の主体性を引き出すための意識醸成が重要なことは言うまでもないが、本事業のように追従者を呼ぶモデル的役割を担う農民の存在は非常に重要である。技術普及のために裨益者の主体性が不可欠な本事業のようなケースでは、初期段階でやる気のある農民を選定して集中的に能力強化し、周辺の農民の共感を呼ぶような良好なモデルを構築することは有効な手段となり得る。

節水灌漑技術を普及・促進するためには、水利セクターだけに留まらず農業セクターと連携することによって高い相乗効果が発揮されることが考えられる。本事業では、主要作物の収量増加等期待された効果が表れたため、水利・農業セクターの連携不足が特別問題視されるには至らなかったと考えられるが、研修内容の重複を避け、内容も一層充実させるために、両機関が協力して水管理技術及び栽培技術研修を企画・実施することが望ましい。

以上

主要計画／実績比較¹³

項 目	計 画	実 績
① アウトプット	① 幹線土水路のコンクリートライニング敷設：1,256 km ② 末端水路灌漑施設整備：2,401 ha ③ スプリンクラー整備：68,550 ha ④ ドリップ灌漑施設整備：24,767 ha ⑤ パイプ灌漑設備：6,797 ha ⑥ 揚水井戸の新設リハビリ：2,401個	① 幹線土水路のコンクリートライニング敷設：1,692 km ② 末端水路灌漑施設整備：1,333ha ③ スプリンクラー整備：23,628 ha ④ ドリップ灌漑施設整備：50,154 ha ⑤ パイプ灌漑設備：6,647 ha ⑥ 揚水井戸の新設リハビリ：1,033個
② 期間	2001年3月～ 2006年12月 (70ヵ月)	2001年3月～ 2009年11月 (105ヶ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	0百万円 25,671百万円 (1,975百万円) 25,671百万円 14,400百万円 1元＝13円 (2001年3月現在)	0百万円 20,221.02百万円 (1,467.20百万円) 20,221.02百万円 13,346.54百万円 1元＝13.78205円 (事業実施期間中の平均)

以上

¹³ 審査時計画値と実績値の比較。

0. 要旨

寧夏回族自治区は中国全土でもっとも降水量の少ない地域の一つであり、緑化による砂漠化整備は地域の環境保護において重要で喫緊の課題である。自治区の貧困率は中国全体での貧困率よりも高く、地域農民による植林植草活動参加を通じた貧困緩和を目指す本事業の必要性は高かった。また、本事業は中国の国家開発目標、日本の援助政策とも合致しており、妥当性は高い。2001 年から 2011 年までの 10 年間で事業対象地域の森林率は 6.9% から 11% と大幅に増加し、封育地の植生被覆率も 30% から 70% と 2.5 倍近くになるなど、概ね計画通りの効果の発現がみられ、かつ、経済林や薬草等換金作物の栽培は農家の収入増加につながっており、有効性・インパクトともに高い。事業費・事業期間ともに計画内におさまっており、効率性は高い。維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



防護固砂林（中衛）

1.1 事業の背景

寧夏回族自治区北部は中国全土で最も降水量の少ない地域の一つであり、既存砂漠の周辺で砂漠化が進行していた。過酷な自然条件に森林過伐、過放牧、過開拓等の人為的要因が加わり、森林率は 2001 年時点で約 8% と全国平均の約半分であり、植生被覆も著しく損なわれており、砂漠が灌漑区や人家等に接近して民生を脅かしていた。

また、2000 年統計では寧夏回族自治区農村部の一人当たり平均純収入（1,724 元）は全国平均（2,253 元）の 4 分の 3 程度であり、中国全体での貧困率が 2000 年時点で約 3% であったのに対して、本事業対象地域の貧困率平均は約 10% に達していた。貧困層は貧困と厳しい自然環境ゆえに自然資源を収奪的に利用する傾向があるため、地域の環境劣化に拍車をかけ、貧困と環境劣化の悪循環を引き起こしていた。砂漠化は寧夏の持続可能な社会経済の発展を妨げる深刻な問題であり、緑化による砂漠化整備は地域の環境保護において重要で喫緊の課題であった。

1.2 事業概要

寧夏回族自治区北部の 12 市・県において、植林及び植草を行うことにより、対象地域の森林率および植生被覆の向上をはかり、もって同地域および周辺地域での砂漠化の進展を阻止するとともに、地域農民による植林植草活動参加を通じた貧困緩和に寄与する。



図 1 事業対象地地図（四角内は事業対象地）

円借款承諾額／実行額	7,977 百万円 / 7,977 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 3 月 29 日／2002 年 3 月 29 日
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年） 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国／寧夏回族自治区人民政府
貸付完了	2009 年 7 月 27 日
本体契約	なし
コンサルタント契約	なし
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	寧夏回族自治区林業調査設計院による F/S（2001 年）
関連事業	寧夏森林保護研究計画（1994 年 4 月－2001 年 3 月） 黄河中流域保全林造成計画（2000 年-2003 年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

相馬 真紀子（グローバルリンクマネジメント株式会社）

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 9 日～10 月 22 日、2012 年 2 月 21 日～3 月 2 日

2.3 評価の制約

サイト踏査及び受益者調査の対象地域について、本事業は 12 市・県を対象とするところ、調査時間の制約を考慮し、実施機関である寧夏回族自治区政府と相談の上で、霊武市、中衛県、呉忠市、銀川市、賀蘭県の 5 市・県からサイトを選定した。サイト踏査と受益者調査に関して、5 市・県におけるサイトの調査結果が全ての対象地域に当てはまるとは限らない。

3. 評価結果（レーティング：A¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

中国政府は林業、水利、農業、環境保護の 4 セクターにわたる今後 50 年の環境保全に係る国家的枠組みとして 1998 年「全国生態環境建設計画」を制定した。同計画では 2010 年までの短期計画、2030 年までの中期計画、2050 年までの長期計画が立てられ、土壌流失面積の保全、砂漠化地区の保全、森林面積の増加、森林率の向上が目標として掲げられた。同計画では 2010 年までの短期計画において重点を置くべき 4 地区（黄河上中流域、長江上中流域、砂漠化地帯、草原地帯）を定めている。本事業の対象となる寧夏回族自治区はそのうち「砂漠化地帯」に該当し、本事業はその施策として防護林や経済林の造成、植草や草地封育等の植栽活動を中心に事業を行うものであった。

中国政府は第 11 次国家 5 か年計画（2006-2010）においても、「全国生態環境建設計画」を推進しており、退牧還草・退耕還林（牧畜や農耕を制限して緑化面積を増やす）等の生態保護活動に重点が置かれていた。

第 12 次国家 5 か年計画（2011-2015）においては、天然資源保全と自然環境に配慮する社会の実現を目指し、天然林保護、退牧還林、退耕還林、砂漠化防止、湿地の保護、水土保持、防護固砂、生物多様性保全などの環境保護および自然災害に対する防災や被害の緩和システムの強化を目指している。

貧困対策については、東部沿海地区の優先開発の結果生じた格差を是正するための政策として、西部大開発によって、2001 年から段階的に 50 年にわたる内陸西部地区を経済成長軌道に乗せるための開発政策を実施中である。

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

寧夏回族自治区政府においても、第 11 次 5 カ年計画期間中（2006-2010）は持続可能な発展という考え方を徹底し、経済・社会・環境の調和が取れた発展を目指すとし、天然林保護、退耕還林、防護林システム、湿地保護、自然保護区建設、水土保持等の環境保護事業を重要視し、天然林保護、退牧還草事業のほか、造林や湿地保全、自然保護区、水土保持事業等が実施された。

寧夏 12 次 5 か年計画（2011-2015）においても緑化や草地保全、砂漠化防止事業を重点項目としており、黄河金岸長城緑化（Green Great Wall）事業において景観林や防護林、経済林が造成されたほか、湿地回復保護や砂漠化防止総合地区の造成、草地保護事業が実施されている。

審査時および事後評価時ともに、国家および寧夏回族自治区の開発計画において砂漠化防止のための緑化が優先課題となっており、本事業は国家政策および対象地域の開発計画と合致している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時点で、寧夏回族自治区北部の本事業対象地域は中国全土で最も降水量の少ない地域の一つであり、過酷な自然条件に森林過伐、過放牧、過開拓等の人為的要因が加わり、2001 年時点の森林率は約 8%と植生被覆も著しく損なわれていた。また、同地域は厳しい自然環境に加え農村人口を多く抱えるため、生計向上支援や飲料水の確保、農業生産にかかる支援等を実施していた。

事後評価時点では、寧夏回族自治区政府は自治区中部にて、「寧夏中部乾燥地帯開発事業」を実施し、2007 年～2011 年に亘って荒地 67,367 ha を緑化し揚黄灌漑区の森林率を 15-20%に引き上げることを目指していた。2000 年には自治区内に 95 万 9 千人いた貧困人口・貧困率は 2009 年には 16 万 8 千人に減少している一方で、農村人口は 2000 年に 412 万人（人口比 73%）に対し 2009 年には 388 万 7 千 7 百人（人口比 63%）と依然多数を占める。

このような状況から、審査時・事後評価時ともに、荒れ地に植生被覆を確保して砂漠化の進展を阻止しつつ地域住民の生活向上を目指す本事業のニーズは非常に高かったといえる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府が 2001 年 10 月に公表した「対中国経済協力計画」および 2001 年度海外経済協力業務実施方針のいずれにおいても、環境保全は重点の一つであり、環境保全、貧困対策・内陸部民生向上が重要視されていた。本事業は中国側および日本側それぞれの方針を反映した施策にもとづいており、我が国の国別援助方針、海外経済協力業務実施方針等に合致している。

以上より、本事業の実施は中国及び寧夏回族自治区の開発政策、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³（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) 森林率・植生被覆率

プロジェクトサイト 12 市・県の区域面積 818,978 ha のうち、事業前（2001 年）の森林率（森林面積÷プロジェクトサイトの面積）は 6.9%（56,401 ha）であり、封育地の平均植生被覆率（封育地内の植生被覆面積÷封育地の面積）は 30 %であった。表 1 で示す通り、事後評価時（2011 年）の森林率は 12.4%（101,553 ha）と目標を上回り、植生被覆率も 70%と目標値を達成した。なお、森林率 12.4%のうち、1.4%は本事業以外の国家事業として実施された植林事業による増分である。

表 1 森林率・植生被覆率

指標名	基準値 (2001 年)	目標値 (2009 年)	実績値 (2009 年)	実績値 (2011 年)
事業参加行政区の森林率	6.9%	10%	11.4%	12.4%
封育地の植生被覆率	30%	70%	70%	70%

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

(2) その他の指標

表 2 で示す通り、防護林の生存率は目標値を上回り、経済林も目標値を達成した。これら生存率の目標値は「退耕還林還草工程検査検修弁法」の定める基準と同等であることから、本事業は同基準を満たしていると考えられる。

表 2 植林された防護固砂林・経済林の生存率（12 市・県平均）

	目標値（2001 年）		実績値（2004～2010 年）	
	1 年	3 年	1 年	3 年
防護固砂林の生存率	70% 以上	65%	85%	70%
経済林の生存率	85% 以上	85%	85%	85%

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

草地造成、薬草栽培の植生被覆率についても、3 年後の目標値である 90%を達成した。2004 年の大規模な冷害により、いくつかの対象地域で植栽した苗木が枯死する等の被害が出たが、枯死した防護固砂林は補植が行われ、補植率は 100%に達している。補植費用は、公的な場所に植栽された防護固砂林については市・県・郷政府が負担し、防風・防砂目的で畑の周りに植林された分については、農民自身が負担した。

³ 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。



防護固砂林（中衛）



畑を囲む防風林と水路（靈武）

3.2.2 定性的効果

本事業では、銀川、呉忠、中衛、靈武の4地域において25名ずつ計100名の住民に対して受益者調査を実施した。本調査結果では、94%の農民が「地域の森林および植生被覆が増加した」と答えており、住民の感覚としても森林率や植生被覆の増加を確認している。また、本事業では、元々植生のない荒廃地にも灌漑設備や農業道路を整備して植栽活動を行った。灌漑設備や道路等のインフラを整備したことにより、植栽や栽培作業が効率化され、経済林や薬草畑で収穫した作物の出荷を容易に行うことが可能となった。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 植生被覆増加による砂漠化防止

本事業で実施された緑化面積は58,385 haに達し、対象地域における砂漠化進展の防止と黄砂被害防止に一定程度貢献している。荒地、裸地には植生被覆が増加し、防護固砂林により砂丘は固定され、砂漠化の広がりを防いでいる。受益者調査結果では、97%の農民が「砂漠化が緩和された／大いに緩和された」と答えており、砂塵嵐や浮遊粉塵の減少も下記の通り報告されていることから、本事業の砂漠化防止効果は、住民にも認識されている。

- ・ 砂漠化が緩和された／大いに緩和された : 97%
- ・ 砂塵嵐が軽減した／大いに軽減した : 96%
- ・ 浮遊粉塵が軽減した／大いに軽減した : 96%

(2) 辺境の貧困層の生活水準改善

寧夏回族自治区における貧困人口は2001年で904,500人（総人口比16.11%）、2009年で168,000人（総人口比2.72%）であった。なお、中国政府は2008年末に貧困定義を、一人当たり年間所得1,067RMBから1,196RMBに改正した。

本事業では、退耕還林政策に則り畑を経済林に切り替えた銀川と呉忠の一部を除いては、元々植生のない荒廃地に灌漑設備や農業道路を整備した。このような場所では、農地を広げる形で農家がクコ、アルファルファ、カンゾウ、ナツメ、果物等の換金作物を植栽した

ため、農家にとっては追加的な収入源となった。大規模農家・牧羊者は労働者を雇用して植栽活動を実施したため、地域の雇用にもつながった。12市・県におけるこれら品種の単位当たりの収入については、物価上昇に伴う単価の上昇もあり、表3のとおり増加していることから、上記植栽活動が農家の収入増加に繋がっていることが分かる。

表3 12市・県における主要作物の単位当たりの収入

	事業前（2001年）			事業後（2011年）			増分（%）
	単収（トン/ha）	単価（元）	1ha当たりの収入（元）	単収（トン/ha）	単価（元）	1ha当たりの収入（元）	
クコ	2.4	16,000	38,400	2.8	28,000	78,400	204%
アルファルファ	18.6	1,100	20,460	19.5	1,500	29,250	143%
甘草	15.4	28,000	431,200	15.7	35,000	549,500	127%
ナツメ	9.5	8,600	81,700	15	12,000	180,000	220%
果物	8.4	2,400	20,160	10.8	3,600	38,880	193%

出所：質問票、実施機関への聞き取り調査



アカナツメを出荷する農家（銀川）



薬草畑で収穫されたカンゾウ（靈武）

受益者調査結果においては、73%が経済林植林植栽・薬草栽培から得られる収入により現金収入が増加したと回答している。増加していないと回答した者の多くは、植栽品種によっては収穫までに長い時間がかかることを理由として挙げている。これは、2007年に植栽が終了した経済林の中には結実までに最低3~5年を要する果樹（リンゴやアーモンド等）もあったためだと考えられる。86%が農地の生産性が向上したと回答し、96%が本事業により地域の経済が活性化したと回答しているため、本事業は地域農民の生活向上に一定程度貢献したといえる。

3.3.2 その他、正負のインパクト

(1) 日本の自治体との連携

寧夏回族自治区は、1993年以来島根県と、公式・非公式に交流を深めている。1997年7月30日には寧夏島根友好林を造成する協定を結び、1998年から2001年の間に靈武にて15haの植林を実施した。その後も寧夏、島根双方の資金拠出により植林活動は続き、現在までで50ha近くの土地に40万本が植林されている。

(2) 農民の参加と負担

本事業のプロジェクト受益世帯数は目標の 59,372 世帯に対し 63,120 世帯となり、労務提供のため動員された農民数も目標の 35,800 人に対し 49,640 人と、どちらも目標を上回った。受益者調査によると、防護固砂林植林および幹線水路工事等の義務活動に参加した住民のうち、76%が作業負担は重かったと回答（重い 36%、非常に重い 40%）しているが、労務に従事した時間は 1 ムー⁴あたり 4 人日以内であり、2008 年時点での国家规定である 10 人日／ムーを大幅に下回っているため、問題ないと考えられる。さらに、参加農家に対しては、義務として行う防護林植栽の面積が過大にならないよう、「典型的参加農家」の植栽品目の比率を「防護固砂林 1.7 ムー（14%）、アカナツメ 2.5 ムー（21%）、クコ 5.0 ムー（42%）、草地 2.8 ムー（23%）」と指定し、ここから大きく外れないよう配慮がなされた。実際の比率において、防護固砂林植栽面積は計画時の比率以内に収まっていることから、農家の労務提供は計画時に懸念されたレベルを上回っていない。

本事業では、市・県政府が事業参加農家の苗木代や資材費用を建て替え、果樹や薬草により収益が上がってから返済を求めることとしている。あくまで返済が可能な経済力のある農家に対して貸付がなされており、大規模農家が代表して借入人になる例や、農村の村民委员会主任が借入人となることもある。返済条件は円借款の条件に準じているところもあるが運用は柔軟になされており（金利 0.75%～0.9%、返済期間 15 年～40 年）、実施機関によれば利払いの延滞は生じていないとのことである。受益者調査では、ローンを返済中の住民の 80%が返済の負担は過大でないとは回答している。なお、上記の通り、銀川と吳忠の一部では、退耕還林政策に則り、農民が畑の一部を小麦や綿花栽培から経済林に切り替えるよう促すために、地方政府が補助金を支払ったり、地方政府が苗木代等を負担したりしている。

(3) 自然・社会環境へのインパクト

審査時には、農薬や殺虫剤散布による環境影響、地下水のくみ上げ過ぎによる塩類集積、工事による環境への影響、土地利用の変化による影響等が懸念されていたが、実際には大きな問題は発生していない。政府は塩素系の農薬の使用を禁止する等厳しい基準を設けており、塩類集積防止対策として地下水くみ上げにも許可証取得を課す等、厳格に管理されている。工事による環境への影響も厳しく制御された。土地利用の変化による影響としては、植林植草により荒廃地の植生被覆が増加したことが挙げられる。受益者調査では、回答者の 90%が土壌侵食及び風食が（大いに）軽減されたと回答している。

(4) その他のインパクト

本事業は砂嵐対策事業として人民日報等中国の全国紙や寧夏の地方紙やその他のメディアでも広報され、23 の学術記事に掲載された。事業の成功は中国政府からも高い評価を得ており、2006 年には全国砂漠化防止経験交流会を寧夏で開催するなど、実施

⁴ ムーは中国の面積を表す単位であり、1 ムー＝0.0667ha。

機関は砂漠化防止会議のモデル地域としての意識を高めている。

また、本事業中に、技術協力プロジェクト「寧夏森林保護研究計画（1994 年 4 月－2001 年 3 月）」で移転された耐乾性樹種の活用、森林病虫害の防除技術等の技術が普及された。同プロジェクトで研修を受けた職員が多岐にわたる技術サポートを提供し開発したカミキリムシ防除の技術は本事業中に広く使用された。

以上より、本事業の実施によりおおむね計画通りの効果発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

3.4 効率性（レーティング：③）

3.4.1 アウトプット

寧夏回族自治区北部の事業対象 12 県・市において、植林植草および関連施設の建設を実施した。本事業のアウトプットは、下記のとおりほぼ計画通り実施された。

表 4 アウトプット一覧

	審査時目標値 (目標年 2009 年)	事業終了時実績値 (2009 年)
【植林植草】 合計	57,600 ha	58,385 ha ⁵
草地封育	26,090ha	26,090 ha
防護固砂林	12,550ha	13,200 ha
経済林	10,050ha	10,088 ha
草地造成	7,690ha	7,787 ha
薬草栽培	1,220ha	1,220 ha
【種苗センター】	1,100ha 種苗生産センターの生産能力 (株、kg)	1,122 ha 種苗生産センターの生産能力 (株、kg)
	喬木 70 百万株	喬木 76.5 百万株
	灌木 10－12 百万株	灌木 10.98 百万株
	種子 16,500kg	種子 16,680 kg
【モデル地区】	1,100ha (注)	1,064 ha
【道路建設】	320 km (幹線 40km、支線 80km、 農業道路 200km)	320 km
【舎飼設備】	計 10 万 m ²	10.3 万 m ²
【灌漑施設】	支線水路：120km、 側設水路：294km、末端水路： 1,350km、スプリンクラー：667ha、 ドリップ灌漑：667ha	各種水路：1,852 km、 スプリンクラー：903 ha ドリップ灌漑：880 ha
【環境モニタリング】	モニタリング機材等の調達	モニタリング機材 30 セット
【車輛等】	車輛、コンピューター等調達、現 地事務所建設等	車両 40 台
【トレーニング】	参加農家、県林業局職員対象の植 林植草技術等の指導、普及	2850 人が参加

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

(注) モデル地区の目標値については、JICA 審査時資料では 1100 ha とされていたが、実施機関側は 1064 ha と認識していたため、実績値に多少の差異 (3.3%) が生じている。

⁵ 参考情報として、造成された森林の植栽間隔の例は、以下のとおりである。防護林に使用されるニセアカシアは 2mx3m、果樹は 2mx4m、マメ科の Caragana Microphylla は 2mx8m、セイヨウカリンは 1mx3m、アルファルファは 10cmx35cm、甘草等の薬草は 10cmx25cm、等の間隔で植栽された。

防護固砂林が目標値の 12,550 ha より 650ha 増加して 13,200 ha となった理由は、農民が自主的に投資して畑のまわりの防風・防砂のための防護固砂林を拡大したためである。防護固砂林は、公的な場所では市・県政府主導で植林されたが、畑の周囲に防風・防砂目的で植林される場合は農民の自己負担で植林作業を行った。スプリンクラーとドリップ灌漑面積は、事業実施の状況に応じ計画時より多くの設備が必要となったため、増加している。



牧草（銀川）



灌漑用水路（吳忠）

3.4.2 インプット

(1) 事業費

事業費はほぼ計画通り（計画比 99.8%）であった。審査時に積算された総事業費は 10,683 百万円（内、円借款は外貨分 159 百万円、内貨分 7,818 百万円分の 7,977 百万円で、残りは自治区および地方政府の予算と農家による植栽労務提供により賄う予定）であった。実績は 10,665 百万円（内、円借款は外貨分 171 百万円、内貨分 7,806 百万円分の 7,977 百万円。残りは、自治区政府が 1,143 百万円、市・県政府が 900 百万円それぞれ負担し、農家植栽労務提供により 645 百万円が賄われた）であった。

表 5 事業費実績

（単位：百万円）

項目	外貨		内貨		合計	
	全体	借款対象	全体	借款対象	全体	借款対象
植林植草	0	0	5,949	5,295	5,949	5,295
関連施設建設及び機材	171	171	2,910	2,511	3,081	2,682
税金・管理費等	0	0	1,635	0	1,635	0
合計	171	171	10,494	7,806	10,665	7,977

出所：JICA 審査時資料、質問票回答
事後評価時為替レート：1 元＝14.3 円

(2) 事業期間

事業期間は、計画通りであった。審査時に計画された通り、2002 年 3 月（L/A 調印月）より 2009 年 12 月の 94 ヶ月で事業完了している。事業完成の定義は以下のとおりである。

- ・ 植林植草：「退耕還林還草工程検査検修弁法」に則って植栽後 3 年以内に実施される検査に合格すること
- ・ 草地封育：「退耕還林還草工程検査検修弁法」に則って完成の 3 年後に実施される検査に合格すること
- ・ その他インフラ設備や車両等：現地機関・地方政府への移譲

実際の事業期間の詳細は表 6 のとおりである。

表 6 事業期間実績

	事業期間	
	植栽期間	検査合格時期（合格の定義）
草地封育	2003 年 3 月～ 2005 年 12 月	2009 年 6 月 (3 年後の灌草被覆率 50%以上、うち灌木が 20%以上)
防護固砂林	2003 年 3 月～ 2007 年 12 月	2009 年 6 月 (成活率 ⁶ 70%以上で合格。不合格のものは補植により 3 年以内に 70%に達して合格。)
経済林	2003 年 3 月～ 2007 年 12 月	2009 年 6 月 (成活率 85%以上で合格。不合格のものは補植により 3 年以内に 85 %に達して合格。)
草地造成	2003 年 3 月～ 2006 年 12 月	2009 年 12 月 (3 年後の被覆率 80%以上)
薬草栽培	2003 年 3 月～ 2006 年 12 月	2009 年 12 月 (3 年後の被覆率 80%以上)
道路建設	2003 年 3 月～2006 年 12 月	
灌漑施設建設	2003 年 3 月～2008 年 9 月	
農家との契約（労務）	2003 年 6 月～2007 年 12 月	
資機材調達	2003 年 5 月～2007 年 12 月	
植栽・保育に関する研修	2003 年 3 月～2009 年 6 月	

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

事業実施開始は約 1 年遅れ 2003 年 3 月になった。理由は、L/A 調印および E/N 締結が 2002 年 3 月末であり、同年 5 月の植栽に間に合わず、翌 2003 年に延期されたためである。また、事業実施中に酷い干ばつや霜害に遭い、枯死した草木を再植林したため、計画では 2006 年末に終了予定であった防護林・経済林の植栽に若干遅れが生じた。事業完了の定義である「退耕還林還草工程検査検修弁法」に則った検査には、計画通りの時期に合格した。

3.4.3 内部収益率

植林事業は成果が表れるまでに長い時間を要するうえ、本事業のコンポーネントのうち、直接的な収益として測れるのは経済林と薬草栽培のみであるため、内部収益率は算定されない。

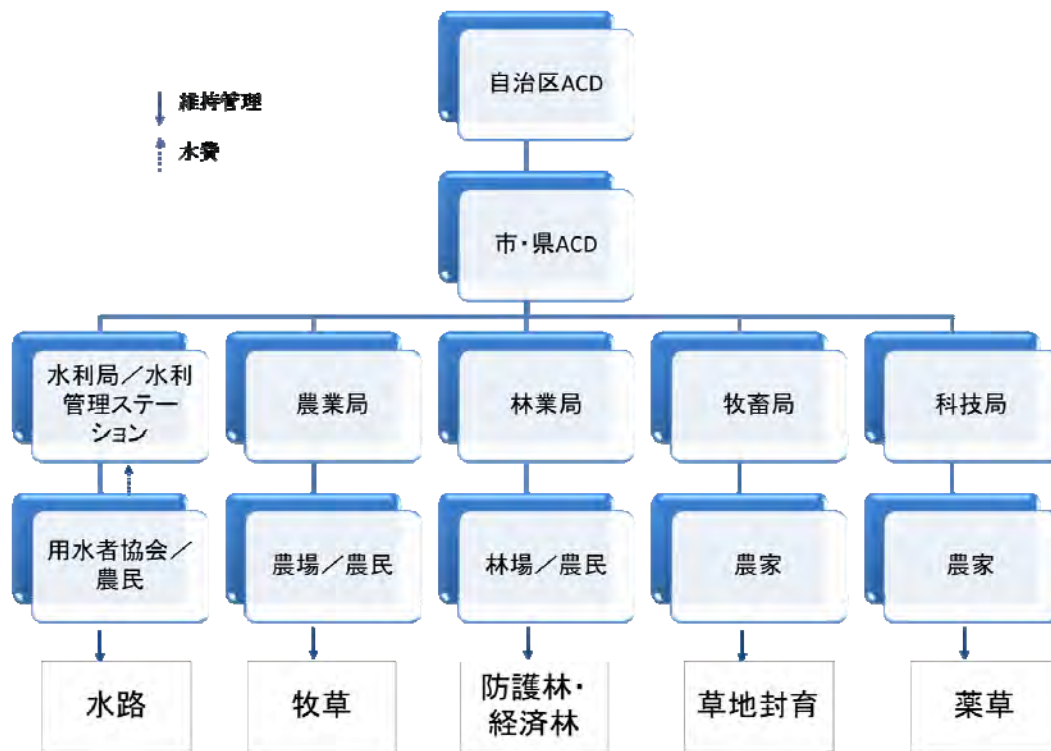
以上より、本事業は事業費及び事業期間ともにほぼ計画どおりであり効率性は高い。

⁶ 成活率：1 年後の生存率。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

施設運営及び管理については、計画時と変わらない。各市・県政府が道路、草地封育、防護固砂林の運営・管理を実施し、各農家は経済林、草地、薬草畑を管理している。モデル林は農民と林業局が協力して管理し、灌漑設備は水利局と用水者協会が協力して管理している。自治区農業総合開発弁公室（Agricultural Comprehensive Development Office、以下 ACD という）は、これまでも同様の事業を行ってきた実績もあり、また、植栽にあたり研修等を通じて技術的な知識を得ており、対象地域において特段の問題は生じていない。特に経済林、薬草、牧草については収穫から現金収入が得られることがインセンティブとなるため、それぞれの農家による保育は積極的に行われている。



出所：実施機関への聞き取りをもとに作成

図2 管理体制図

本事業では、事業の実施段階から維持管理に至るまで、図2のとおり、各12市・県政府の林業局、農業局、牧畜局、水利局、科技局が、参加農民と共に活動を実施する必要があった。多様な行政機関と農民を巻き込んだ維持管理活動が可能なのは、これら機関を統括する自治区ACDおよび市・県レベルACDの高い管理能力によるものと考えられる。

受益者調査結果では、77%の住民が事業で植栽された樹木、灌木、薬草、草地等を毎日維持管理しており、週に一度以上維持管理活動を行っている住民とあわせると85%以上である。灌漑設備のメンテナンスは毎年3月と10月に定期的実施している。

農民による高いオーナーシップの背景には、農民自身が苗木代を負担したことと、事業準備・デザインの段階から関与したことが大きいと考えられる。呉忠や銀川の一部は退耕還林対象地であったため、政府が苗木代等のコストを負担したが、生活の糧である農地を転換して経済林等に切り替えているため、その保育のために注力する動機は十分にあると考えられる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

造林技術、保育、管理は、中国国家標準である「造林技術規定」に加え、「寧夏治砂造林技術規定」、「寧夏回族自治区草原管理条例」等の規定に沿って実施されている。表 7 のとおり、職員の数・技術レベルは適正であり、運営・維持管理に関するマニュアル等も整備されている。表 8 のとおり、事業実施期間中には各種研修が実施された。植栽、保育、管理等にかかる各種研修は事業終了後も ACD 地方政府によって実施されている。

表 7 運営維持・管理業務と従事者・技術者数

	運営維持・ 管理実施主体	業務内容	従事者数 (うち技術者)
【植林植草】			
草地封育	県畜産局	フェンス修復、防火、病虫害防除管理	約 260 (120)
防護固砂林	県林業局／ 林業センター	灌漑、施肥、防火、病虫害防除管理、剪定	約 860 (360)
経済林	農家	灌漑、施肥、防火、病虫害防除管理、剪定	約 2250 (426) (注)
草地造成	農家	灌漑、施肥、防火、病虫害防除管理、剪定	約 2010 (810) (注)
薬草栽培	農家	灌漑、施肥、防火、病虫害防除管理、剪定	約 320 (196) (注)
種苗センター	農場	灌漑、施肥、防火、病虫害防除管理	約 128 (56) (注)
モデル地区	農場／林業局	灌漑、施肥、防火、病虫害防除管理、剪定	約 260 (145) (注)
【道路建設】	県政府	修繕、平坦化	約 240 (12)
【舎飼設備】	農家	修繕	約 48 (6) (注)
【灌漑施設】	水利局／ 農民用水者協会	修繕	約 360 (148)
【環境モニタリング】	環境観測所	設備維持管理	(6)
【車輛等】	区／県のプロジェクトオフィス	設備維持管理	16 (16)

出所： 質問票回答

(注)： () 内の技術者数は、農場の場合は専属の技術者を指し、小農の場合は、巡回指導を実施している地方政府林業局の普及員を指す。

自治区林業庁はじめ、各市・市および林場で下記のとおりマニュアルが作成された。

- 退耕還林還草管理法 ： 2002 年 寧夏林業庁
- 営林生産管理制度 ： 2002 年 青銅峡市林業局
- 銀川市西武防護林管理法 ： 2003 年 銀川市銀西防護林管理所

- 林業工程管理法 : 2002 年 中衛市緑丰林場
- 供水用電管理制度 : 2002 年 中衛市緑丰林場
- 緑丰林場安全生産管理制度 : 2002 年 中衛市緑丰林場
- 机井進行管理法 : 2002 年 石嘴山市生態林場
- 西山防護林管理法 : 2002 年 石嘴山市園林局

表 8 事業実施中に実施された研修一覧

研修対象者	研修実施者	研修内容	研修実施年/ 実施時間	受講者数
自治区プロジェクト弁公室	寧夏大学 寧夏農林科学院 北京中医薬大学 南京林業大学	プロジェクト管理	2002/24	36
		財務管理	2002/16	18
		薬草栽培技術	2003/12	45
		総合環境保全技術	2005/16	34
各市・県プロジェクト管理弁公室	寧夏大学 県農業技術推進センター 県農業局 県水利局	治砂技術デモンストレーション	2003/16	126
		水利技術	2003/8	108
		育苗技術	2003/16	56
		節水灌漑技術	2004/8	146
		造林整地技術	2004/16	246
		薬草栽培技術	2004/12	128
		葡萄栽培技術	2004/6	320
		アカナツメ栽培技術	2004/6	360
		クコ栽培技術	2004/8	128
		病虫害防除技術	2005/8	246

出所：質問票回答

3.5.3 運営・維持管理の財務

公有地に造成された防護固砂林や道路、幹線水路等の運営管理費用は各市・県政府が負担し、経済林や薬草・牧草畑、末端灌漑施設等の維持・管理費用は各農家が負担している。12 市・県の合計の森林セクター予算、運営管理費、水利費収入は表 9、10 のとおりであり、過去 5 年間セクター予算、維持管理費ともに増加している。

表 9 12 市・県の合計の森林セクター予算、運営管理費、水利費収入

(単位：百万元)

	2007	2008	2009	2010	2011
森林セクター予算	27,600	32,010	35,220	40,850	44,120
運営管理費総額	11,040	12,804	13,380	15,520	15,440
水利費からの収入	6,950	6,490	6,980	7,100	6,990

出所：質問票回答

表 10 水利費

(単位：RMB/m³)

	2006	2007	2008	2009	2010
水利費	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195
水利費徴収率	98%	99%	98%	97%	98%

出所：質問票回答

注： 2011 年はまだデータなし

水利費でカバーできない分の灌漑施設の運営維持管理費は、各市・県政府予算より支出している。末端灌漑施設の管理は水利費でまかなうことが可能だが、幹線水路や大型の修繕事業等賄えない分は、自治区の「小型農田水利基本建設費」等の予算や地方政府の予算によって賄われている。受益者調査結果によれば、96%の住民が水利費徴収料金は妥当と回答している。

また、寧夏の半国営大手製紙会社である美麗製紙は、中衛の事業対象地のひとつ緑丰林場（6,670ha）において間伐材を買い上げており、同林場の防護固砂林維持管理の財源となっている。

3.5.4 運営・維持管理の状況

設置設備の稼働状況は一般的に良好である。現地踏査で視察した林場、灌漑施設、モデル地区、草地封育や防護固砂林は市、県レベルで適切に維持・管理されている。経済林や畑の周囲に造成された防護固砂林も農家により適切に管理されている。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

寧夏回族自治区は中国全土でもっとも降水量の少ない地域の一つであり、緑化による砂漠化整備は地域の環境保護において重要で喫緊の課題である。また、自治区の貧困率は中国全体での貧困率よりも高く、地域農民による植林植草活動参加を通じた貧困緩和を目指す本事業の必要性は高かった。また、本事業は中国の国家開発目標、日本の援助政策とも合致しており、妥当性は高い。2001年から2011年までの10年間で事業対象地域の森林率は6.9%から11%と大幅に増加し、封育地の植生被覆率も30%から70%と2.5倍近くになるなど、概ね計画通りの効果の発現がみられ、かつ、事業で植栽された主要な換金作物の単位当たり収入も増加しており、有効性・インパクトともに高い。事業費・事業期間ともに計画内におさまリ、効率性は高い。維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

降水量のきわめて少ない同地域で大規模な本緑化事業が成功した理由として、まず、①植林植草のみならず、植栽作業や保育に必要な道路や灌漑設備等のインフラ整備を一体型で実施したことが挙げられる。道路や灌漑の整備により、結果的に植栽作業やメンテナンスを効果的に実施することが可能になった。次に、②実施機関である ACD の高い調整能力により各 12 市・県政府および弁公室と参加農民が効率的に連携したことが挙げられる。また、③技術面として、先行した技術協力プロジェクト「寧夏森林保護研究計画（1994 年 4 月—2001 年 3 月）」で能力強化されたスタッフによる高度な技術サポートが得られたこと、④農民が事業の早い段階から関与し、苗木代等を自己負担したことで参加度、オーナーシップが高まり、植栽後に保育を行うインセンティブとなったことも挙げられる。とくに、農民の参加については、経済林や薬草、牧草の販売による収入向上機会の増加は農民の植栽・保育・維持管理活動へのインセンティブとなっており、それら畑を風や砂嵐から防護するための防護林の維持管理活動を動機付けていると考えられる。公的な場所で造成された防護固砂林や水路工事等、農民の直接的な利益につながらない活動には対価が支払われ、貧しい農家にとっては経済的インセンティブとなったとみられる。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット	【植林植草】 合計 57,600 ha 草地封育 26,090ha 防護固砂林 12,550ha 経済林 10,050ha 草地造成 7,690ha 薬草栽培 1,220ha 【種苗センター】 1,100ha 【モデル地区】 1,100ha 【道路建設】 幹線（40km）、支線（80km）、農業道路（200km） 【舎飼設備】 計10万㎡ 【灌漑施設】 支渠（120km）、斗渠（294km）、農渠（1,350km）、スプリンクラー（667ha）、ドリップ灌漑（667ha） 【環境モニタリング】 モニタリング機材等の調達 【車輛等】 車輛、コンピューター等調達、現地事務所建設等 【トレーニング】 参加農家、県林業局職員対象の植林植草技術等の指導、普及	ほぼ計画通り。 【植林植草】 合計 58,385 ha 草地封育 26,090 ha 防護固砂林 13,200 ha 経済林 10,088 ha 草地造成 7,787 ha 薬草栽培 1,220 ha 【種苗センター】 1,122 ha 【モデル地区】 1,064 ha 【道路建設】 320 km 【舎飼設備】 10.3万㎡ 【灌漑施設】 各種水路：1,852 km、スプリンクラーによる灌漑：480 ha、ドリップ灌漑：880 ha 【環境モニタリング】 モニタリング機材30セット 【車輛等】 車両40台 【トレーニング】 2850人が参加
② 期間	2002年3月～2009年12月 （94ヶ月）	2002年3月～2009年12月 （94ヶ月）
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	159百万円 10,524百万円 （701.6百万円） 10,683百万円 7,977百万円 1RMB＝15円 （2001年9月現在）	171百万円 10,494百万円 （733.8百万円） 10,665百万円 7,977百万円 1RMB＝14.3円 （2002年3月～2009年7月 平均）

以上

中華人民共和国

山西省王曲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、山西省長治市に総設備容量 1,200MW（600MWx2）の山元石炭火力発電所を建設し、山東省に送電することにより、山東省の電力需要の増大への対応とともに山西省の石炭・電力産業の強化を図り、両省の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、山東省及び山西省の開発政策、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山東省の電力需要への対応、山西省の石炭・電力産業の強化、またそれらによる両省の経済発展は、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・技術面に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



王曲火力発電所

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 倍に拡大し、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、中国第 1 位の石炭埋蔵量を有し、電力については自省の需要を満たしている山西省では、山元発電所を建設し北京、天津への電力供給を行っている等、電力輸出を石炭輸出と並ぶ同省の主要産業とするべく、省外輸出用の発電所建設に力を入れていた。他方、山東省では、省内発電所だけでは省内の電力需要の増加に応えることができず、山元発電所からの電力の輸入が必要とされていた。

1.2 事業概要

山西省長治市に総設備容量 1,200MW（600MWx2）の山元石炭火力発電所を建設し、山東省に送電することにより、山東省の電力需要の増大への対応とともに山西省の石炭・電力産業の強化を図り、もって両省の経済発展に寄与する。

	(1) CXIX-P96	(2) CXX-P96
円借款承諾額／実行額	30,000 百万円／ 26,512 百万円	27,000 百万円／ 13,833 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
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／山西魯晋王曲発電有限公司	
貸付完了	2009 年 7 月	2010 年 3 月
本体契約	Doosan Babcock Energy Limited (英国)、日立製作所/伊藤忠商事/Dongfang Electric Corporation of China (中国)、Honeywell International Inc. (アメリカ)	
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)	山西省電力観測設計院による F/S (1996 年)	
関連事業 (if any)	なし	

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

3. 評価結果（レーティング：B¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

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、山西省は、同省第9次5カ年計画において、「鉄道による石炭輸送」から「東部の沿岸地域への電力輸送」への転換というエネルギー開発政策を打ち出していた。

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、西電東送（資源が豊富な中国北西部内陸地域で作られた電力を電力の大量消費地である東南部沿岸地域に送電する）を含んだ「送配電網システムの構築の加速」を打ち出している。山西省は、同省第11次5カ年計画（2006-2010）において、石炭火力発電を中心としたエネルギー産業開発の継続を掲げ、山西省の電力需要を満たし、他省への電力供給の拡張に取り組むとしている。また、山東省においても同省第12次5カ年計画において、他省からの山東省への電力輸入の促進を打ち出している。

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、山西省、山東省両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改革、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

山東省の電力需要量に関しては、審査時には797億kWh（1996年）であったが、1996年から2000年まで約9.2%、2001年から2010年まで約7.2%で増加すると予想されており、必要発電設備容量は、2000年に約21,630MW、2010年に約45,090MWと予想されていた。一方、山東省の発電設備容量増加計画は、2000年に約20,930MW、2010年に約43,520MWと将来的にも電力不足を解消できない予想であった。一方、山西省は、審査時には同省の発電設備容量9,560MW（1996年）のうち1,760MWを省外に輸出していたが、2010年には輸出用発電設備容量を11,000MWに増やすことを計画していた。また、審査時に山西省の石炭輸送量は年間2.1億トン（1995年）であったが、全鉄道

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

輸送力は2.6億トンであり、既に鉄道輸送力に余裕はなかった。一方、2000年には、3億トンの石炭輸出需要が予想されており、鉄道輸送力の増強とともに電力による石炭輸出が必要とされていた。

山東省の電力需要量は、2005年から2010年まで年平均11.5%増加した。一方、同時期の電力供給量は、約8.7%の増加にとどまった。その為、2005年から2007年は多少供給が需要を上回っていたが、2008年以降供給が需要を下回っている状況であり、特に夏や冬の電力需要のピーク時は他省からの電力輸入が必要とされている。一方、山西省は、同省第11次5カ年計画に従い、2005年から2009年まで電力供給量の30%前後を他省に輸出している。また、同省の石炭の輸送力に関しては、石炭生産量6.1億トンに対し3.4億トン（2010年）となっており、引き続き石炭輸送力に課題を抱えている。

表1 山東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	2,002	2,314	2,691	2,697	2,871	3,043
電力需要量	1,912	2,272	2,596	2,727	2,941	3,298

出典：実施機関への質問票への回答

表2 山西省の電力供給量及び他省への電力供給量の推移（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	1,312	1,526	1,761	1,786	1,873	2,121
他省への電力供給量	369	432	463	486	641	-

出典：実施機関への質問票への回答

注1：2010年の他省への電力供給量のデータは入手できなかった

以上より、本事業は、審査時及び事後評価時ともに、山東省、山西省両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ることから、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、山東省、山西省の開発政策、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³（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。

表 3 運用効果指標

			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	18.9	66.3	66.3	66.3	66.3
	億 kWh	実績値	24.8	70.1	6.3163.1	62.6	66.5
設備利用率	%	計画値	63.26	63.26	63.26	63.26	63.26
	%	実績値	71.64	66.36	66.38	66.33	66.43
稼働率	%	計画値	68.49	68.49	68.49	68.49	68.49
	%	実績値	91.96	92.48	91.24	88.5	92.81
所内率	%	計画値	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
	%	実績値	5.03	4.95	4.98	4.91	5.06
発電端熱効率	%	計画値	32	32	32	32	32
	%	実績値	41.9	41.97	41.48	41.32	41.5
原因別の 停止時間 (時間/年)	人員ミス		0	0	0	0	0
	機械故障		65	46	13	0	0
	計画停止		456	1727	1526	2014	1259
原因別の 停止時間 (回数/年)	人員ミス		0	0	0	0	0
	機械故障		8	5	4	0	0
	計画停止		2	2	4	4	4

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票の回答

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) x100

稼働率 = (年間運転時間/年間時間数) x100

所内率 = (年間所内消費電力量/年間発電端発電量) x100

発電端熱効率 = (年間発電端発電量 x860) / (年間燃料消費量 x 燃料発熱量) x100

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。結果、全ての指標においてほぼ計画値（参考値）を達成している。2006 年から 2008 年にかけて、機械故障で発電所を停止したが、これは試運転中にボイラー圧力容器から蒸気漏れが起こったこと、石炭の変更が原因でボイラーの底部でクリンカアッシュ⁴が固まりになってしまったこと、ボイラーの不安定燃焼により保護装置が作動したことが原因であるが、適切な処置がなされ、現在は問題ない。

³ 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。

⁴ 石炭を燃焼させた時に発生する石炭灰のうち、ボイラーの底部に落下した石炭灰のこと。

また、本事業においては、発電所で発電した電力を 500kV2 回線の送電線で潞城開閉所、河北省邯鄲東新安変電所経由、山東省送電網まで送電している。山東省までの送電線に関しては、審査時は王曲発電所と山東省の萊陽変電所を結ぶ送電線を円借款及び中国内貨で調達予定であったが、中国政府の意向により円借款が取りやめられ、内貨のみで調達を行った。



発電所から山東省へつながる送電線

3.2.2 定性的効果

(1) 石炭資源利用の効率化

山西省では他省への石炭輸送能力が限られている中、王曲発電所は年間約 250 万トンの石炭を消費し、省外へ送電することで、同省の石炭資源利用の効率化に貢献している。石炭会社へのインタビューでは、王曲発電所が石炭を消費することで、同省の石炭生産量の増加に貢献していることが確認された（囲み 1 参照）。

(2) 電力の安定供給による生活レベルの向上

王曲発電所は、2007 年の年間フル稼働以降、60 億 kWh 以上（山東省の電力需要量の約 2-3%）の電力を安定して山東省に送電し続けている。山東省の 1 人当たりの GDP は、王曲発電所が建設された 2006 年から 2010 年まで年平均 15%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 3.6%の増加となっており、同省の経済面における生活レベルは向上したといえる。しかし、王曲発電所は山東省の電力需要量の約 2-3%の電力量を供給しているにすぎず、また 2005 年-2007 年にかけて山東省内においても年平均約 350 億 kWh の電力供給量が増加しているため、山東省の一人当たり GDP の増加に対する本事業の直接的な貢献を見ることは難しい。但し、山東省の企業とのインタビューから「(本事業の効果かどうかは特定できないが、) 2007 年以降電力使用制限が少なくなり、電力の安定性が向上したことから工場をフル回転させることが可能となり、生産能力が上がった」との事実が確認できたこと（囲み 1 参照）を考慮すると、2007 年以降安定して山東省に電力を送電し続けている王曲発電所は山東省における電力の安定化の一部を担うことを通じて、山東省の経済活動の活性化に貢献していると考えられる。

囲み 1. 大口需要家インタビュー

CET Shandong Power Equipment Co. Ltd. (山東省済南市)

1958年に設立された変圧器等を製造する会社であり、従業員1,300人を抱える。「2007年以降電力供給量、安定性ともに向上しており、営業利益も2006年と2009年を比較すると約22倍となった。営業利益は市場による需要増の要素が高いが、2007年以降電力使用制限が少なくなっており、工場をフル回転させることができるようになったことで生産能力が上がったことも重要な要素である。しかし電気は山東省電力網から購入しており、王曲発電所の直接的な影響は良く見えない。」

Luan Mining Group (山西省長治市)

1987年に設立された長治市で第3番目に大きい石炭会社であり、従業員980名を抱える。「2005年以降1000万トンずつ生産量を増やしている。王曲発電所には年間60－70万トンの石炭を供給している。営業利益は2005年と2010年を比較すると5倍に増えた。これは生産量の増加に加え石炭価格の上昇が影響している。山西省は他省への石炭輸送能力が限られており、王曲発電所のように省内で石炭を消費し、電力を他省に輸出することは石炭産業にとって有益である。」

Shanxi Coal Transportation and Sales Group Co. Ltd. (山西省長治市)

2006年に設立された石炭販売会社であり、従業員60名を抱える。「王曲発電所に供給される石炭のうちトラックで輸送される全ての石炭を販売している。石炭は、長治市の地方の小規模鉱山会社から購入している。会社を取り扱う石炭の3分の1は王曲発電所向けであり、年間約160－180万トンを王曲発電所に販売している。」

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) 山東省の電力需要に対応することによる同省の経済発展

直近5年間の山東省のGDP（国内総生産）及び工業部門⁵がGDPに占める割合を以下に示す。

表4 山東省の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	2,430,501	2,775,632	3,108,708	3,487,970	3,916,992
GDP に占める工業部門の割合	52.8%	52.0%	52.1%	49.8%	47.9%

出典：中国国家统计局

表5 山東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	79.9%	79.9%	78.9%	78.3%	77.5%

出典：中国国家统计局

⁵ 鉱物採掘業、製造業、電力・ガス・水の生産と供給業等を含む。

2006 年に本事業が完成後 2010 年までの山東省の実質 GDP の年平均成長率は、12.7% となっている。しかし、本事業の貢献という視点からは、3.2.2 (2)でも記載の通り、本事業が完成した 2006 年は、2005 年と比較すると約 312 億 kWh の電力供給量が増えており、またその後も 2010 年まで年平均 8.73%で電力供給量が増えているため、本事業の電力供給の山東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 年まで山東省の GDP の約 50%を工業部門が占めており、同省最大の GDP 構成部門であること、そして表 5 に示す通り、山東省では 80%弱の電力が工業部門で消費されていることを考慮すると、本事業が山東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⁶。

(2) 山西省の石炭産業、電力産業発展による同省の経済発展

本事業により建設された発電所が位置する地級市である長治市及び長治市の県級市である潞城市の名目 GDP（国内総生産）及びエネルギー部門 GDP を以下に示す⁷。

表 6 長治市及び潞城市の名目 GDP/エネルギー部門 GDP（2005 年-2010 年）

単位：100 万元

	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
長治市の GDP （うちエネルギー部門）	46,040 (24,520)	55,060 (30,270)	68,210 (40,140)	77,530 (45,280)	92,020 (57,290)
潞城市の GDP （うちエネルギー部門）	4,810 (3,030)	5,650 (4,420)	6,210 (4,860)	6,750 (5,100)	7,210 (5,370)

出典：潞城市経済情報技術委員会

2006 年に本事業が完成後 2010 年まで長治市の名目 GDP は、年平均 18.9%、同市のエネルギー部門の GDP は 23.6%で成長している。また、潞城市の GDP は、年平均 10.65%、同市エネルギー部門の GDP は、年平均 15.38%で成長しており、両市においてエネルギー部門が GDP の成長をけん引していることがわかる。本事業の貢献に関しては、潞城市経済情報技術委員会によると、王曲火力発電所は、同市の税収入の 10-20%を占めており、同市における王曲火力発電所の経済規模が大きいことがわかる。その為、同発電所の潞城市の電力産業の発展、また経済発展への貢献は大きいといえる。また、王曲火力発電所は、長治市の石炭会社及び石炭販売会社から年間約 250 万トン（2011 年の長治市の石炭生産量の約 2.5%⁸）の石炭を購入していることから、長治市の石炭産業の発展にも一部貢献していると考えられる。

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、審査時計画通り、硫黄酸化物（以下、SO_x）対策として、硫黄分 0.35%の低硫黄炭を使用、窒素酸化物（以下、NO_x）対策として、低 NO_x バーナ

⁶ 山東省に送電された電力が均一に各部門に配電されていることを前提としている。

⁷ 実質 GDP は入手できなかったため名目 GDP を用いた。

⁸ 出典：長治市人民政府

一及び 2 段階燃焼法を適用、ダスト対策として 99%以上の集塵効率を持つ電気集塵機を設置した。また、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、2003 年に改定され、2004 年から対応することが求められたことに対応して 2005 年及び 2006 年に排煙脱硫装置 2 基を内貨で調達した⁹。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山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。王曲発電所に関しては、NOx 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/Nm³）が新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。



大気モニタリングシステム



オンラインモニタリングシステム
通信機器

表 7 火力発電所の大気汚染物排出基準

基準	-	新基準 (2012 年) (GB13223-2011)	発電所完成時 (GB13223-2003)	審査時 (GB13223-91)
項目	排出実績 (2011 年)	基準値	基準値	基準値
SOx	104.74mg/Nm ³	200mg/Nm ³	400mg/Nm ³	- ¹⁰
NOx	254.21mg/Nm ³	100mg/Nm ³	650mg/Nm ³	-
ダスト	25mg/Nm ³	30mg/Nm ³	50mg/Nm ³	469mg/Nm ³

出典：実施機関への質問票の回答

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

⁹ 審査時の排出濃度計画は 590.5mg/Nm³ に対し、設定された排出濃度は 400mg/Nm³ であった。

¹⁰ 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 20,440kg/h（排煙脱硫装置未設置）が設定されていた。

② 騒音

騒音対策としては、騒音壁を設置することで、騒音基準値を下回っている。

表 8 騒音基準

項目	基準	現在 (GB12384-2008)	審査時/事業完成時 (GB12384-90)
	- 実績値	基準値	基準値
騒音レベル	45.9-49.1dB（夜間） /47.9-52.0dB（昼）	50dB（夜間）/60dB（昼）	50dB（夜間）/60dB（昼）

出典：実施機関への質問票への回答

③ その他（排水、石炭灰処理、貯炭場）¹¹

排水に関しては、審査時は規制基準内に処理後河川に排水をする予定であったが、実施機関によれば、実績は排水処理設備により処理されたのち、発電所内で 100%リサイクルされている。石炭灰処理に関しては、事後評価時にサイト査察を実施したところ、審査時計画通り、サイト北西約 2km の灰捨場で埋め立て処分されていることが確認された。また、粉塵防止対策として、水スプレートラックによるトラック輸送、カバー付きベルトコンベアーの利用、灰捨場でのスプレーの実施と定期的な圧密の実施、周囲への木や芝生の整備、浸水による地下水汚染対策として黄土ライニング¹²が実施されたことが確認された。貯炭場の粉塵対策に関しても、審査時計画通り、スプリンクラー、フェンス、植木を設置、石炭輸送トラックは専用道路を利用していることが確認された。

(2) 住民移転・用地取得

用地取得は、審査時には協議が済んでおり問題はなかった。取得用地は、1.59 km²であった¹³。また、住民移転は発生しなかった。

(3) その他の正負のインパクト

その他の正のインパクトとして、地方の雇用創出がある。王曲発電所の主要スタッフの 40%が地元で雇用され、貨物運搬、清掃、警備要員としても 220 名の雇用を創出している。

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。

¹¹ 石炭灰処理、貯炭場に関しては基準値等は特段定められていない。また、事後評価時にサイト査察においては、灰捨場、貯炭場からの粉塵は特段確認されなかった。

¹² 浸水を防ぐために保水性の高い黄土を被覆すること。

¹³ 取得用地は、本プロジェクトが支援したフェーズ 1 の建設地及び現在計画中のフェーズ 2 の建設予定地を含む。

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 9 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、超臨界圧型	計画通り
タービン発電機	2 基、出力 600MW、単胴再熱復水型、50Hz、3,000rpm、水 - 水素冷却	計画通り
主要変圧器	2 x 3 x 240 MVA + 1 x 240 MVA	計画通り
計装・制御	Dispersed Control System (DCS)	計画通り
微粉炭設備	ボールミル（高破碎、中速）	計画通り
燃焼設備	-	計画通り
水処理設備	400m ³ /h	計画通り
排煙処理設備	電気集塵機 2 基、集塵効率 99%以上	計画通り
煙突	Double-shaft 220m 1 本	計画通り
石炭前処理設備	トラックホッパー 2 基、ボトムホッパーワゴン、貯炭場 20 万 t、石炭ビン 6 基 (11h 分消費量)、揚炭容量 70 万 t/年	計画通り
石炭灰処理設備	乾式	計画通り
冷却塔	自然通風方式 2 基、スプレー面積 7,500m ² 、高さ 135m	計画通り
開閉所	500kV 開閉所及び 220kV 開閉所	計画通り
水素製造装置	-	計画通り
コンサルティングサービス	合計 107M/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 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 121M/M ボイラー、タービン入札書類準備～契約締結（27.9M/M） 変圧器、燃焼入札準備～契約締結（15.1M/M） 設計管理（61M/M） 工事・試運転（10M/M） 性能試験（7.0M/M）
排煙脱硫装置	なし	追加。2 基、脱硫率 97% 以上

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、ほぼ計画通りであった。ただし、着工許可の遅延による入札プロセスの遅延及び詳細設計完成の遅延が原因となり、コンサルティングサービスが計画より 14M/M 多く利用された。また、中国政府の大気排出基準が強化され、SO_x の排出基準が設定されたことから、排煙脱硫装置 2 基を内貨で調達した。

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、138,492 百万円（外貨 57,082 百万円、内貨 81,410 百万円）

であったが、実際は 69,960 百万円（外貨 40,345 百万円、内貨 29,615 百万円）であり、計画値 51%となり、計画内に収まった。アウトプットで計画より多く利用されたコンサルティングサービスに関しても、事業費では計画内に収まった。

表 10 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	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	21,391	13,440	554	2,127	28,925	18,946	-	1,324	18,946
タービン	24,886	11,577	469	2,299	31,264	19,761	-	1,381	19,761
I&C	2,512	855	110	295	4,008	1,086	-	75	1,086
変電（開閉所）設備	1,651	674	263	384	5,228	-	218	218	3,117
施工機械	329	329	-	24	329	-	83	83	1,187
実験室設備	249	249	45	63	86	-	10	10	143
輸送設備	-	-	74	74	1,006	-	10	10	143
付属設備	-	-	189	189	2,570	-	1	1	14
福祉設備	-	-	44	44	598	-	1	1	14
鉄道設備	-	-	165	165	2,244	-	104	104	1,487
マイクロウェーブ設備	-	-	5	5	68	-	-	-	-
輸入税	-	-	1,216	1,216	16,538	-	0	0.0	5
その他	-	-	703	703	9,561	192	-	14	192
排煙脱硫装置	-	-	-	-	-	-	117	117	1,673
建設工事	-	-	-	-	-	-	1,037	1,037	14,829
納入工事	-	-	-	-	-	-	489	489	6,993
小計	51,018	27,124	3,837	7,588	103,201	39,985	2,071	4,894	69,600
コンサルタント	379	379	-	28	379	359	-	25	359
物価上昇率	2,985	1,087	1,864	2,083	28,335	-	-	-	-
物的予備費	2,700	1,410	285	484	6,576	-	-	-	-
合計	57,082	30,000	5,986	10,183	138,492	40,345	2,071	4,920	69,960

出典：JICA 審査時資料、実施機関への質問票の回答

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=14.3 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が予定より安価となった
- ② 中国内の原材料価格の低下
- ③ 2004 年に本案件に係る機材輸入に免税措置が適用されることが国家発展改革委員会により認められたため輸入税予算分が減額となった

なお、事業費の効率性の評価の制約として、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 ヶ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 8 月の 116 ヶ月と、計画比 161%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 4 月まで 53 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 8 月に 15 ヶ月遅延した。

一方、着工許可から 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 2002 年 4 月から 2006 年 8 月の 52 ヶ月と、計画比 85%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、6.06%と審査時の 15.63%から下回った。主な原因として、石炭価格が審査時見積より大幅に上回ったこと、売電価格が審査時見積より下回ったこと、地方税率が審査時より高くなったことがあげられる。但し、実施機関より、石炭価格と売電価格に関しては予測が難しいとの理由から、2012 年以降の予想値は、石炭価格に関しては 2012 年の契約価格の実績、また売電価格に関しては 2011 年の売電価格の値上げ幅を適用した売電価格をそのまま適用することで FIRR を算出したとの説明があり、数値は詳細な予測に基づいたものではないと説明があった。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

山西魯晋王曲発電有限公司（山東魯能集团公司¹⁴75%、山東国際信託投資公司 20%、

¹⁴ 国家電網の 100%子会社。

山西国新能源集团公司 5%が出資する会社) が、CPI North China Power Engineering Co. Ltd. (以下 CPI 社。China Power Investment Corporation 51%、Shanxi Zhangze Electric Power Co. Ltd. 49%が出資する会社) にアウトソースし、発電所の運営維持管理を行っている。CPI 社は、総合管理、機械管理、電機系統管理、灰処理設備管理、燃料管理に計 132 名を配置して発電所の運営維持を行っている。

3.5.2 運営・維持管理の技術

運営維持管理に関わる CPI 社のスタッフのうち、50%が大卒以上の学歴を有している。また、65%が 20 年以上実務経験を有している。

運営維持管理に関わる研修は、定期点検及び脱水槽¹⁵の補修に関して実施されているが、現在までそれぞれ 26 名、42 名が研修を受講している。また、運営維持管理に関わるマニュアルとして、生産管理、安全管理、機器メンテナンス、機器管理に関するマニュアルがそれぞれ 1 冊ずつ整備されている。

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、30%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、主營業務収入が同時期の比較で 10%未満の増加となっている。しかし、実施機関によれば、筆頭株主である山東魯能集团公司による国家發展改革委員会、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 19.8%値上げされており、2011 年の営業利益は黒字になる予定である。将来的な財務持続性に関しては、売電価格の上昇に加え、国家發展改革委員会が、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、問題はなくなると思われる。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 11 過去 4 年間の収支状況

	(1,000 元)			
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
主營業務収入	1,836,431	1,737,538	1,856,771	1,989,409
主要業務原価	1,349,430	1,726,832	1,708,570	1,800,194
営業税金及び付加	24,212	15,847	12,186	13,198
主營業務利益	462,789	-5,141	136,015	176,017
その他業務収入	0	209	371	2,981
その他の業務原価	0	18	588	528
財務費用	161,560	212,086	146,514	411,774
営業利益	301,229	-217,036	-10,716	-233,304

出典：損益計算書

¹⁵ 石炭を燃焼させた時に発生する石炭灰のうち、ボイラーの底部に落下した石炭灰であるクリンカアッシュを脱水する装置。

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（25-30日間）とA点検（60日間）から構成される5年サイクル（CCCCA）の点検を計画通り実施しており、発電所完成以降、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、山西省長治市に総設備容量1,200MW（600MW×2）の山元石炭火力発電所を建設し、山東省に送電することにより、山東省の電力需要の増大への対応とともに山西省の石炭・電力産業の強化を図り、両省の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、山東省及び山西省の開発政策、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山東省の電力需要への対応、山西省の石炭・電力産業の強化、またそれらによる両省の経済発展は、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・技術面に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NO_x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、親会社である山東魯能集团公司と協力し、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、国家发展改革委員会、山東省政府、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 微粉炭設備 燃焼設備 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 開閉所 水素製造装置 コンサルティング サービス 排煙脱硫装置	2基、超臨界圧型 2基、出力600MW、単胴再熱復水型、 50Hz、3,000rpm、水－水素、水素冷却 2 x 3 x 240 MVA + 1 x 240 MVA Dispersed Control System (DCS) ボールミル（高破碎、中速） - 400m ³ /h 電気集塵機2基、集塵効率99%以上 Double-shaft 220m 1本 トラックホッパー2基、ボトムホッ パーワゴン、貯炭場20万t、石炭ビ ン6基（11h分消費量）、揚炭容量70 万t/年 乾式 自然通風方式2基、スプレー面積 7,500m ² 、高さ135m 500kV開閉所及び220kV開閉所 - 合計107M/M 事業統括23M/M、機械技師（2名） 28/M、電気技師（2名）28M/M、 制御技師（2名）28M/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 なし	計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 合計121M/M ボイラー、タービン入札書類準 備～契約締結（27.9M/M） 変圧器、燃焼入札準備～契約締 結（15.1M/M） 設計管理（61M/M） 工事・試運転（10M/M） 性能試験（7.0M/M） 追加。2基、脱硫率97%以上
② 期間	1997年1月～2002年12月（72ヶ月）	1997年1月～2006年8月（116ヶ月）
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	57,082百万円 81,410百万円 (5,986百万円) 138,492百万円 57,082百万円 1元＝14.6 円 (1997年2月現在)	40,345百万円 29,325百万円 (2,071百万円) 69,960百万円 40,345百万円 1元＝14.36円 (1997年9月～2010年3月平均)

以上

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：B¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

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。

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² 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³（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。

³ 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⁴、約 41%と先進国と同等の数値となっており⁵、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⁶及び避雷器の汚損フラッシュオーバー⁷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。

⁴ 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。

⁵ 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）。

⁶ 過電流等による負荷電流を遮断する動作。

⁷ 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⁸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

⁸ 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⁹。

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¹⁰。



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/Nm3）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。

⁹ 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。

¹⁰ 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/Nm3 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/Nm3 程度となるため、脱硫率が変更になった。

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)
	排出実績 (2011 年 1 月-9 月)	基準値	基準値	基準値
SOx	300-400mg/Nm ³	200mg/Nm ³	400mg/Nm ³	- ¹¹
NOx	500-600mg/Nm ³	100mg/Nm ³	650mg/Nm ³	-
ダスト	40-50mg/Nm ³	30mg/Nm ³	50mg/Nm ³	469mg/Nm ³

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)
	排出実績値 (2011 年 1 月-9 月)	基準値	基準値
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)
	実績値	基準値	基準値
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¹²。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

¹¹ 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。

¹² 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¹³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 200m²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 ²	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

¹³ 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_x 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 ヶ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¹⁴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¹⁵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¹⁶

大唐韓城第 2 発電所有限公司（大唐陝西発電有限公司¹⁷60%、陝西省投資集团公司 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。

¹⁴ 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。

¹⁵ 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。

¹⁶ 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。

¹⁷ 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¹⁸。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¹⁹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

¹⁸ 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。

¹⁹ 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_x、NO_x 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 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、3,000pm、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）28/M、電気技師（2名）28M/M、制御技師（2名）28M/M、脱硫技師19/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

0. 要旨

本事業は武漢市の宗関～黄浦路間に全長約 10km の都市鉄道を建設することにより、市中心部の交通渋滞の緩和を図り、もって同市の大気汚染の改善および社会経済発展の促進に寄与することを目的としていた。妥当性については、本事業の実施は中国及び武漢市の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、評価は高い。また、本事業の開発目的である、交通渋滞の緩和、ひいては大気汚染の改善及び社会経済発展の促進については、本事業の実施により、一定の効果の発現が見られ、有効性は中程度である。効率性は、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を若干上回ったため、中程度である。しかしながら、本事業の持続性については、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

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



プロジェクト位置図



車両（4両編成）

1.1 事業の背景

本事業審査時、1978 年から始まった改革開放政策実施後の経済発展及び生活水準の向上等に伴い、主要都市においては、車両の増加および都市インフラ未整備による交通渋滞の発生等、都市交通問題が課題となっていた。このような状況の下、中国政府は、交通渋滞の解消、一層の経済発展、都市環境の改善等を目標とした大量輸送手段としての都市交通を都市人口 100 万人以上かつ GDP500 億元以上の都市に、地下鉄等の都市交通手段を導入することを決定していた。上記条件に適合する 35 都市の内、まず北京、上海、広州、大連、重慶、武漢等、15 都市に都市交通を導入する計画を策定した。

一方、武漢市内の交通は、1) 都市内大量輸送手段の欠如による乗用車の増加、及び 2)

道路網未整備による幹線道路等の特定道路（本事業対象沿線の解放大道を含む）への交通集中による交通渋滞が恒常化している状況にあった。このような状況の下、中央政府の政策に合わせ、武漢市は 1998 年に都市交通発展戦略目標を策定し、その中で市街地中心部の交通問題を解決するとともに、現代都市建設の一端を担うべく、市内交通は軌道交通を中核とした大量交通手段/公共交通を基本とする方針を確立していた。

1.2 事業概要

武漢市古田一路～付家坡間の全長約 27km のうち、第 1 期工事として宗関～黄浦路間の全長約 10km の都市鉄道を建設することにより、市中心部の交通渋滞の緩和を図り、もって同市の大気汚染の改善および社会経済発展の促進に寄与する。本事業位置図を図 1 に示す。

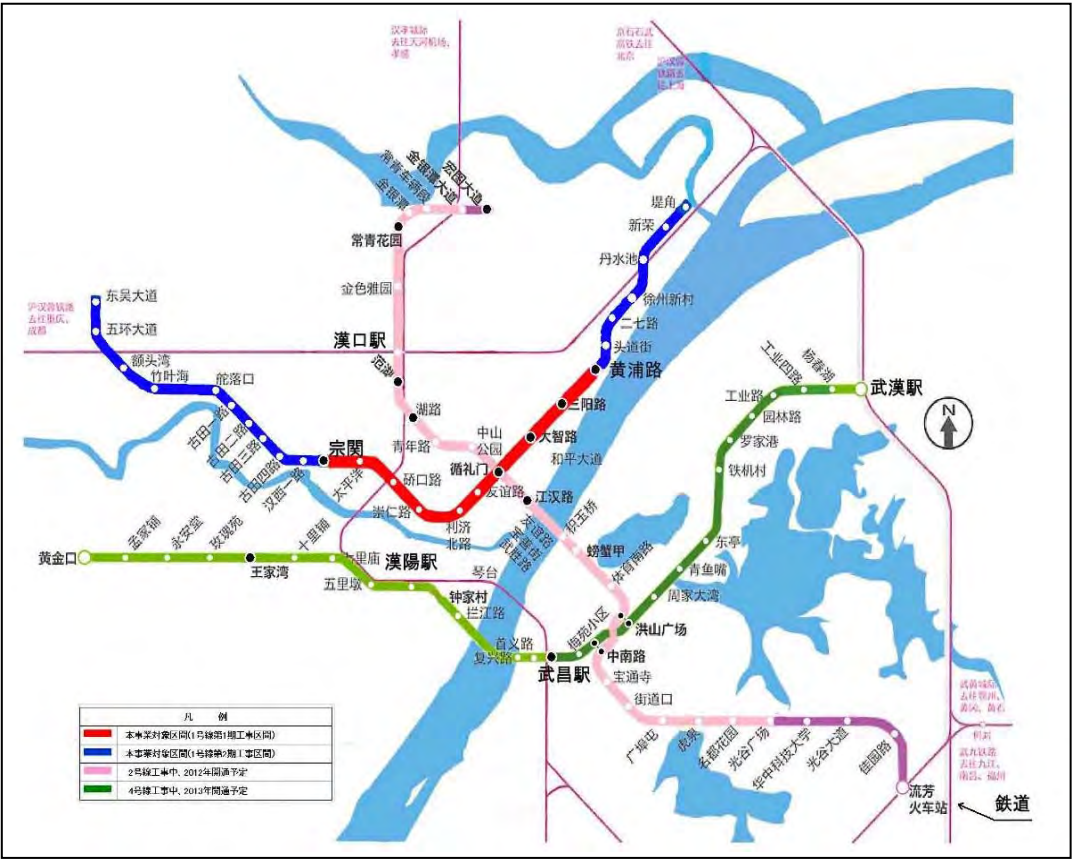


図 1 事業位置図

円借款承諾額／実行額	2,894 百万円／2,340 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2001 年 3 月／2001 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年） 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府/武漢市人民政府
貸付完了	2006 年 7 月
本体契約	日商岩井
コンサルタント契約	－
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等（if any）	北京市城市計画設計研究院による F/S（1999 年）
関連事業（if any）	運輸省によるプロジェクト形成促進事業調査（1994 年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

川畑安弘（三州技術コンサルタント株式会社）

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 9 日～10 月 22 日、2012 年 2 月 14 日～2 月 24 日

2.3 評価の制約（if any）

本事業開始後、第 2 期工事区間のルートが大幅に変更されたため、有効性評価の基本となる、審査時点で予測された計画値（乗客数/日、ピーク時乗客数）との単純比較が困難となった。

3. 評価結果（レーティング：B¹）

3.1 妥当性（レーティング：③²）

3.1.1 開発政策との整合性

中国第 10 次 5 カ年計画（2001-2005 年）では、運輸交通インフラについて、総合的に整備するとしていた。また、武漢市都市総体計画（1998 年策定）では、武漢市を 3 地域に分割し、それぞれの都市開発に関する発展目標を掲げていた。さらに都市建設/都市機能完備を目標として、武漢市都市交通発展戦略目標を策定し、交通セクターにおける目標を、1) 安全、快適、経済的、便利な総合交通体系を構築するが、そのために、鉄道、水運、道路、航空の各輸送モードの機能を向上させるとともに、各モード間の相乗効果を高める。2) 市街地中心部の交通問題を解決するため、市内交通機関は軌道交通を主体とした路面交通・公共交通の整備を優先すると設定していた。なお、審査時点での、武漢市における軌道交通網計画では、本事業対象路線 1 号線を含む総

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

延長約 142km、6 路線から成っていた。

中国第 11 次 5 カ年計画（2006-2010 年）では、公共運輸交通インフラ整備を優先事項とし、特に、大都市及び都市圏では都市鉄道整備が優先されるとしている。また、整備計画を早期に策定し、実施計画どおりに事業を進めるとしている。中国第 12 次 5 カ年計画（2011-2015 年）でも、前 5 カ年計画を継続するとしており、都市鉄道網（地下鉄、ライトレール、軌道鉄道等）についても整備を推進するとしている。

審査時及び事後評価時ともに、国家開発計画、武漢市の開発計画において都市鉄道整備が優先課題となっており、本事業は国家政策及び対象地域の開発計画と合致している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時点での武漢市の交通状況は以下のとおりであった。

- ・ 市中心部の道路網は未整備であり、また、交通が一部の主要道路に集中していたため、公共交通機関の速度が年々低下していた。
- ・ 朝と夕方のピーク時には特に交通量が集中しており、市内の交通渋滞は非常に深刻なものとなっていた。
- ・ 自動車、自転車、歩行者による混合交通を原因とした交通渋滞が恒常化しており、道路、橋梁の改良/新設だけでは、増加する交通量に対応できない状況にあった。
- ・ 交通渋滞による騒音、排気ガスのため、市内の環境は日々悪化していた。

そのため、軌道交通を主体とした路面交通・公共交通の整備が必要とされていた。

武漢市都市総体計画（2010～2020）では、武漢市は中国中部地区の中心都市で重要な工業基地と位置付けされている。審査段階で指摘されていた武漢市の交通状況は年々改善されてきているが、経済発展とともに自家用車を含む車両も同時に増加しているため、さらなる公共運輸交通インフラの整備が必要とされている。そのため、2020 年までに 12 路線、約 230km に及ぶ地下鉄網整備計画を策定し、現在 2 号線（2012 年末完成予定）、3 号線（2014 年末完成予定）、4 号線（2013 年末完成予定）を建設中である。

武漢市では、経済発展と共に自動車交通が増加し、交通渋滞による騒音、大気汚染のため、市内の環境は悪化していたことから、本事業の対象地域における交通渋滞を図るための都市鉄道網整備のニーズは審査時及び事後評価時点共に高い。

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に関する年次報告書（1999 年）」における中国国別援助方針では、中国の経済発展のボトルネックとなっている運輸、通信、電力等の経済インフラ整備の遅れの解消に向けた援助が重点分野のひとつに掲げられていた。中でも運輸セクターについては運輸・交通施設建設による輸送能力の増大や輸送の効率化のための維持・管理技術の向上に資する援助を行う方針であった。また、中国の鉄道セクターに対する支援は旧 JBIC 海外経済協力業務実施方針において、沿岸部と内陸部の経済格差是正対策上、重点分野とされていた。審査時点では、本事業はわが国

の援助政策に合致している。

以上より、本事業の実施は中国政府、武漢市の開発政策、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³（レーティング：②）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) 乗客輸送

1) 一日当たりの平均乗客数

2004年7月本事業対象区間開通後から昨年までの乗客数の実績を表1に示す。

表1 乗客数の実績

単位：全線平均：万人/日、ピーク時：万人/時

	2004 1年次	2005	2006	2007	2008 5年次	2009	2010 2期工事 完成前	2010 2期工事 完成後	2011
全線平均	0.77 (22.1)	1.19 (25.4)	2.05 (29.2)	2.53 (30.4)	3.04 (61.6)	3.6 (63.5)	4.1 (65.6)	15.64 (65.6)	20.77 (67.7)
ピーク時	0.13 (0.8)	0.21 (0.9)	0.34 (1.1)	0.27 (1.2)	0.27 (1.4)	1.31 (1.5)	- (1.6)	1.45 (1.6)	2.07 (1.8)

出典：審査資料、質問票への回答書

注1：審査段階では一号線第2期工事区間は2007年に完成予定とされていたが、実際の開通日は2010年7月28日。

注2：（ ）内数字は、計画段階の予測値。

注3：2005年11月に現1号線ルートに基づくF/Sが行われたが、その報告書によると2013年における全線乗客数は約45万人/日と予測されている。ただし、予測前提条件として、2012年末に2号線完成としている。

表1に示す通り、一日当たりの平均乗客数については、審査時点で想定された計画値を大きく下回っている。全線平均乗客数が計画値を下回っている理由としては、①第2期工事区間のルート変更⁴、②第2期工事区間完成遅延（2007年完成予定が2010年7月に遅延）に伴う乗客数への影響、③計画乗客数の過大予測の可能性の3点が挙げられる。

①1号線のルートのうち本事業対象である宗関-黄浦路間には変更は無いが、その延伸となる第2期工事区間部は当初の計画と大きく異なる。当初計画では第2期工事区間部は、図2の通り武漢市政府機関が位置する漢口地区から、南東方向に長江を渡り、湖北省委員会、省政府、省人民代表大会、さらには武漢大学、武漢理工大学等が位置する政治/文教の中心地である武昌地区の傅家坡（原計画では中南路）を結ぶ重要幹線ルートとなっており、多くの利用者（乗客）が見込まれていた。完成した第2期工事区間部は図1の通り、黄浦路から長江沿いに北伸するルートとなっており、長江をまたぐ幹線ルートとしては機能していない。

³ 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。

⁴ 2003年ごろ、新たな武漢市の地下鉄網整備計画が策定された結果、本事業対象路線（第2期工事区間）を含むルート変更が生じた。

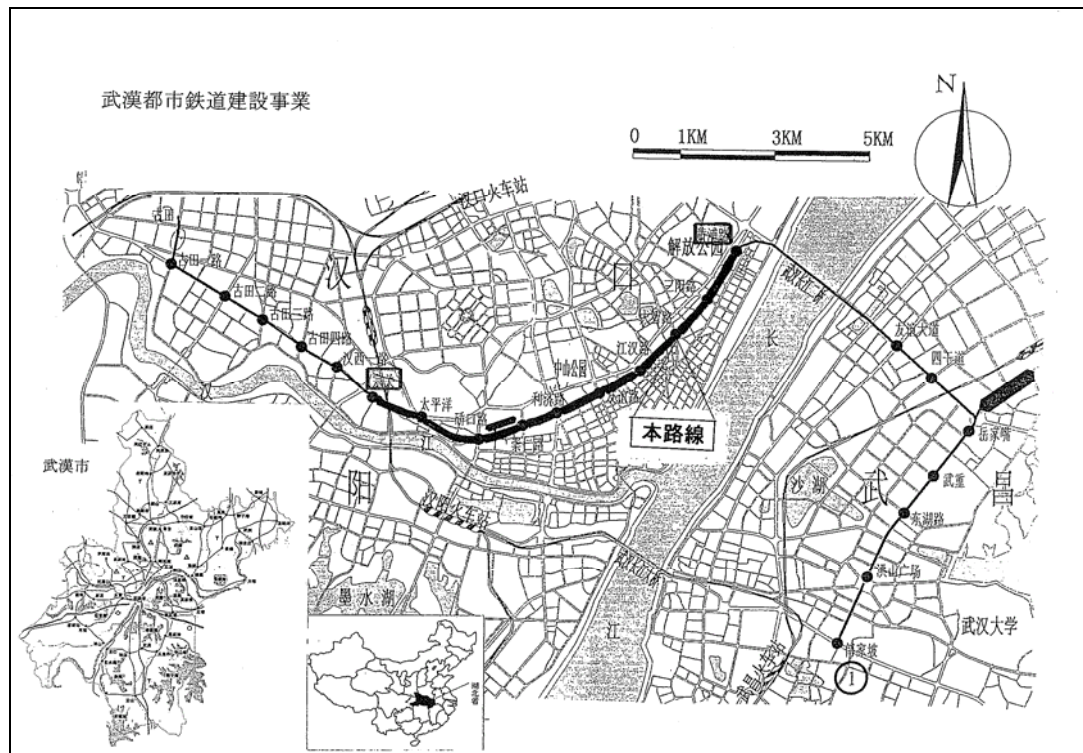


図2 計画時の路線ルート

- ② 当初計画では、本件（宗関-黄浦路間）が2006年に、第2期工事区間（傅家坡までの延伸区間）は2008年には完成と想定して乗客数の予測を行っている。一方、ルート変更となった第1号線の第2期工事区間（東呉大道－宗関、黄浦路－堤角）は2010年7月28日に完成している。結果、乗客数の増加発現が遅延した。
- ③ 本事業計画時点での予測値を基に、乗客ピーク時係数（ピーク時乗客数/全線平均乗客数）を算定してみると3.6%（2004年）～2.7%（2011年）、平均3.0%である。参考に、北京地下鉄13号線の計画時のピーク時係数（7.4%（2006年）～7.1%（2010年）、平均7.25%）と比較してみると、計画ピーク時係数は半分以下となっている。ピーク時乗客数の約2万人/時は、4両編成でピーク時12車両運行を行った場合のキャパシティと照らし合わせると妥当な数字と思われることから、ピーク時乗客数の30倍以上という全線平均乗客数の計画値は過大に予測されている可能性がある。

2) ピーク時乗客数

鉄道事業評価の基本的運用効果指標は乗客輸送量であるが、本事業は市中心部の交通渋滞緩和を目的としており、特に交通渋滞が顕著なピーク時の交通需要対応が重要な目的となっている。2004年開通時点のピーク時乗客数は1,300人/時（対計画比16%）に過ぎなかったが、2008年には2,700人/時（対計画比19%）まで増加した。さらに、2009年に本路線沿線に高等学校4校及びショッピングモール数箇所が完成したこともあり、2009年の乗客数は13,000人/時に急増し、対計画比87%まで増加した。また、2010年には第2期工事が完成し、2011年に乗客数は20,700人/時（対計画比115%）まで増加している。増加理由としては、年々増加する交通量による渋滞

を避け、定時制が確保できる高架鉄道の優位性を選択する一般市民が多くなっていることが考えられる。

3) 車両運行数

2004年7月本事業対象区間開通後から昨年までの車両運行数の実績を表2に示す。

表2 車両運行数

単位：本/時

	完成後の 計画値	2004 - 2009	2010 2期工事完成前	2010 2期工事完成後	2011
ピーク時	12	7	7	10	12
オフピーク時	6-10	7	7	9	11

出典：質問票への回答書

運行数（1編成は4車両）の計画値は、日中6-10本、ピーク時は12本を想定していたが、2011年の1日あたりの運行数は、日中は、計画値以上、ピーク時は計画値どおりである。

4) 事業対象区間の所要時間（旅行時間の短縮）

現時点での各モードによる宗関～黄浦路間の所要時間を表3に示す。

表3 実際の所要時間

単位：分

時間帯	モード	計画値	実績値
ピーク時	バス	45	45
	タクシー	-	40
	高架鉄道	17	17
オフピーク時	バス	45	35
	タクシー	-	20
	高架鉄道	17	17

出典：質問票への回答書

注： バスの所要時間は約10km区間の乗降を含めた平均所要時間

オフピーク時の所要時間に関しては、高架鉄道の所要時間はバスの半分となっており、タクシーと比較してもわずかではあるが短縮している。最も渋滞が深刻であるピーク時においては、バスの約3分の1、タクシーの半分以下となっており、ピーク時・オフピーク時ともに既存の公共交通機関に対する高架鉄道の高い優位性が検証されている。

5) 車両登録台数（武漢市）

過去7年間の武漢市における車両登録台数及び増加率を表4に示す。

表 4 武漢市における車両登録台数及び増加率

単位：千台

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
車両登録台数	271	334	370	418	484	556	669	808
増加率 (%)	-	23.2	10.8	13.0	15.8	14.9	20.3	20.8

出典：武漢統計年鑑 2004-2011

注 1：車両には乗用車、バス、トラックのみ含まれる。

武漢市内の道路交通量は経済発展に伴う車両登録台数の増加の影響もあり、増加し続けている（過去 5 年間の平均増加率は約 17%）。高架鉄道利用者数も年々、増加し続けているが、本事業が道路交通量減少（交通渋滞緩和効果）にどの程度貢献しているかを具体的に検証するのは困難である。

ただし、本事業が実施されなかった場合、さらにどの程度、交通量が増加していたかを推定することは可能である。現時点でのピーク時の平均乗客数は 20,700 人/時であるが、仮にこれを乗用車（平均乗車人数を 2.5 人/台と仮定）に置き換えたとすると $20,700 \text{ 人} \div 2.5 \text{ 人} = 8,280 \text{ 台}$ となり、ピーク時には最大、約 8,300 台/時の交通量低減につながっていると思われる。

3.2.2 定性的効果

(1) 都市鉄道への旅客シフトによる交通渋滞の緩和

武漢地鉄集団広報担当者によると、高架鉄道の導入により、市民の都市環境に対する意識がより高まり、自家用車使用の自粛、公共交通手段（都市鉄道、バス）の利用等を進め、交通渋滞を緩和し、低炭素経済の実現を推進する機運が高まってきている。また、第 2 期工事区間完成後、市内にあった長距離バスターミナルを両終点駅付近に移設し、大型バスの市内乗り入れを排除するとともに、乗客を地下鉄へ誘導することで、市内通行交通量削減に貢献している。

また、事後評価においては、事業対象地区（建設された 10 駅）において、鉄道利用者を対象に、インタビュー形式による受益者調査を行った。回答者数は 100 人、回答者の性別による比率は女性 31%、男性 69 %である。主な調査結果は次のとおりである。7 割が 1 号線利用により移動時間が短縮されたと回答、約 7 割が本事業（1 号線）に満足していると回答しており、本事業により沿線住民にとっての交通の利便性が向上したことが伺える。また、本事業のみで交通渋滞を解消することは困難であるが、約 7 割は交通渋滞状況が改善されたと認識している。また、1 号線開通前にタクシーや自家用車を利用していた人（約 10%）が 1 号線にシフトしていることから、もし本事業が実施されない場合、交通渋滞状況は更に悪化していたと思われ、本事業が交通渋滞緩和に一定程度貢献しているものと思われる。一方、他の交通手段（バス）との接続について、現況に満足している人は約 1/3 に留まり、改善の余地がある。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 本事業路線沿線の経済開発促進

本事業対象地域の GDP（国内総生産）の増加率を表 5 に示す。

表 5 事業対象地域の GDP（国内総生産）

単位：百万元

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
江岸区	8,562	9,909 (15.7)	14,020 (41.5)	16,297 (16.2)	19,116 (17.3)	23,897 (25.0)	36,362 (52.2)	43,335 (19.2)
江漢区	8,824	10,144 (15.0)	18,046 (77.9)	21,641 (19.9)	25,263 (16.7)	31,001 (22.7)	43,008 (38.7)	48,001 (11.6)
礄口区	6,956	8,007 (15.1)	15,011 (87.5)	17,295 (15.2)	19,768 (14.3)	24,557 (24.2)	27,893 (13.6)	30,772 (10.3)
中国平均増加率 (%)	10.0	10.1	10.4	11.1	11.4	9.6	9.1	10.3

出典：武漢統計年鑑、中国国家统计局

注：（ ）数字は対前年比増加率（%）

2004 年に本事業、2010 年に第 2 期工事区間が完成したことで、本路線沿線は職住近接地域として人気が高まり、高層マンションが建設され、さらに学校、病院、ショッピングセンター等が設けられ、沿線の商業/経済活動も活発になってきている。沿線住民数が増加するとともに、都市鉄道各駅とリンクするバス路線も創設され、鉄道利用者数も第 2 期工事完成後、急激に増加してきている。本事業からの受益対象地域の GDP 増加率は全国平均を大きく上回っている。

本事業対象地域における土地価格の変動を表 6 に示す。

表 6 土地価格の変動

単位：元/㎡

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
礄口区	903	1,115	920	1,895	1,659	4,220	2,654

出典：質問票への回答

不動産価格については、中国政府の政策により価格変動が左右されてきたが、礄口区の土地価格は本事業（第 1 期工事）完成時点（2004 年）から現時点では約 3 倍に上昇している。なお、同期間の平均物価上昇率は平均 2.8%であった。

(2) 環境改善（大気汚染の改善）

2004 年本事業対象区間開通後から昨年までの大気汚染状況の変化を表 7 に示す。

表 7 武漢市大気汚染状況（月平均）

単位：mg/m³

	2005 3 月	2006 2 月	2007 6 月	2008 10 月	2009 9 月	2010 9 月	2011 9 月
SO ₂	0.058	0.049	0.035	0.033	0.037	0.034	0.031
NO ₂	0.058	0.040	0.035	0.055	0.049	0.039	0.049
PM10	0.120	0.083	0.089	0.102	0.088	0.064	0.077

出典：武漢市環境保護局ウェブサイト（www.whepd.gov.cn）

注 1： PM10（粒子状物質）

注 2： 数値は大気中の濃度

大気汚染物質排出量削減については、本事業路線沿線に特定したデータは入手不能であったが、武漢市全体のデータについては、一部項目について、武漢市環境保護局が公表している。武漢市の諸環境改善対策及び取り組みによる効果が大きく、本事業の直接的な貢献は定かではないが、2004 年本事業対象区間開通後、SO₂については年々減少しており、開通直後の数字の約半分まで低減している。NO₂に関しては、年によりばらつきが見られ、大きな改善は見られない。また、PM10 については改善が見られる。総体的には、武漢市の大気汚染状況は改善の方向にある。

また、受益者調査結果では、沿線の大気汚染の改善について、自動車保有台数の増加に伴い、交通量も増加し続けていることもあり、本事業による効果を認識している人は約 30%に留まっている。

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

事業実施中（工事中）に騒音対策として、高欄タイプの防音壁をほぼ全線に亘り設置、また、武漢第二中学校、京漢ガーデン周辺を含む特別に対応すべき箇所/区間については、壁高の高い遮音壁が設置されている。さらに、特に騒音に対して配慮すべき、学校、病院、公共建物等への隣接箇所区間（合計約 1.6km）については、騒音軽減のため、衝撃吸収タイプのバラスト路盤を採用している。供用開始後も EIA に基づきモニタリングが行われている。モニタリング結果に基づき、2006 年には、基準を超えた 3 か所で騒音対策工事が行われ、2.0-7.6dB(A)の騒音低減が達成され、基準を満たすようになった。

駅からの事業/生活排水は、駅構内の特別処理施設で処理した後、市の下水道網に排水されている。また、車両基地から排出される汚水（油混入排水、使用済車両洗浄水）については、基地内に設けられた特別処理施設で処理した後、国家処理水基準を満たしたことを確認した上で、一部は車両洗浄水として再利用され、残りは市の下水道網に排水されている。

(2) 住民移転・用地取得

取得用地面積は約 3ha、住民移転数は 623 戸、1,980 人であった。補償金額合計額は 197 百万元で、すべての住民は現金での支払いを要望したため、現金で支払った。実施機関関係者によると、補償額についての交渉に若干時間を要したが、住民移転に関し

ては、特に問題は生じていない。

上述のとおり、全線平均乗客数（日当り）の実績は計画値を下回っているが、渋滞のより深刻なピーク時における乗客数については現時点で計画値を上回っている。また、仮に本事業が存在せず、都市鉄道利用客が自動車交通を利用したとすると、ピーク時で約 8,300 台/時の交通量増加につながったと推測され、本事業の目的である交通渋滞の緩和に一定程度貢献していると考えられる。実際に受益者調査結果からも、約 7 割の人が本事業完成後、交通渋滞が改善されたと評価している。大気汚染の改善については、本事業の直接的な貢献を測定することは困難であるが、武漢市の大気汚染は全体として改善傾向にある。以上より、本事業の実施により、一定の効果発現が見られ、有効性・インパクトは中程度である。

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（計画及び実績）を表 8 に示す。

表 8 アウトプット比較（計画/実績）

項目	計 画	実 績
土木/軌道工事	宗関～黄浦路間 延長約 10km（高架軌道） 駅 10 箇所（高架）	計画どおり。
信号/通信設備	ATC、ATO による車上信号 駅間通信：光ケーブル、車両との通信：無線通信、地上保守要員との連絡：無線	計画どおり。
電力/防災等	変電所：13 ヶ所	計画どおり。
管理設備	制御センター、料金収集システム	計画どおり。
車両	12 編成（48 両）	計画どおり。
環境対策	污水排水処理、防音壁	計画どおり。
車両基地	一箇所（礪口路駅～利濟北路駅間 総面積約 26,000 m ² ）	32,700 m ² 。約 25%増

出典：審査資料、質問票への回答書

事業内容に関して、大きな変更はなく、計画どおり土木工事、機器調達は実施された。ただし、車両基地の位置は、正確には礪口路駅～崇仁路間で、面積も 32,700 m²に増大した。面積増加の理由は、審査時の数字は F/S 段階でのコンセプトであり、実際の数字は詳細設計に基づいて取得された数字であったためである。なお、車両基地高架下の用地には商業用店舗が建設され、民間業者に転貸されている。



車両運行管理センター



高架部軌道（京漢大道）

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

審査時に積算された総事業費は 269 億 8,100 万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ、総額 28 億 9,400 万円、残りは武漢市負担）であったが、実績は 243 億 8,800 万円（内、円借款は 23 億 4,000 万円、残りは武漢市負担）であり、対計画比 91%となり、計画内に収まった。また、現地通貨ベースでは対計画比 83%の事業費となっている。

表 9 事業費比較（計画値/実績値）

項目	計画値					実績値				
	外貨	内貨		合計		外貨	内貨		合計	
	百万円	百万元	百万元	百万元	百万円	百万円	百万元	百万元	百万元	百万円
土木/軌道工事	0	454	5,902	454	5,902	0	412	5,760	412	5,760
信号/通信	674	167	2,171	219	2,845	598	128	1,790	170	2,388
電力/防災等	254	231	3,003	250	3,257	442	189	2,642	221	3,084
管理	0	7	91	7	91	0	7	98	7	98
車両	1,550	254	3,302	373	4,852	1,330	238	3,328	331	4,658
環境対策	0	42	546	42	546	0	45	629	45	629
車両基地	243	121	1,573	140	1,816	0	137	1,915	137	1,915
その他	0	446	5,798	446	5,798	0	421	5,886	421	5,886
物価上昇費	35	48	624	51	659	-	-	-	-	-
予備費	138	79	1,027	90	1,165	-	-	-	-	-
合計	2,894	1,849	24,037	2,072	26,931	2,340	1,577	22,048	1,744	24,388

出典：審査資料、質問票への回答書

注 1：審査時の為替レート：1 元=13 円、評価時点での為替レート：1 元=13.981 円（2000 年 1 月-2004 年 12 月の単純平均）

事業費の主な減少理由は次のとおりである。

- 1) 工事段階で設計の見直しを行い、不要となった項目の削除、経費削減につながる工法の採用を行った。
- 2) 資機材調達（信号/通信、電力/防災、車両等）は国際競争入札実施により、結果的に契約金額も低額となった。

3.4.2.2 事業期間

事業実施期間は、計画を若干上回った。審査時に計画された 2001 年 3 月（L/A 調印月）より 2003 年 3 月（正式開通）の 34 ヶ月に対して、実績は 2001 年 3 月（L/A 調印月）より 2004 年 7 月（正式開通）の 41 ヶ月であり、計画比 121%であった。なお、第 1 期工事区間を含む全線約 29km は 2010 年 7 月 28 日に開通している。

事業期間延長の主な理由は、土木工事については、予定工程より数ヶ月の遅れで完成しているが、機材調達/据付については、国際入札により計画より時間が掛かり、工期が遅れ、さらに全工事完成後の数ヶ月の最終検査/試運転にも時間を要した結果、7 ヶ月の工期遅延となったためである。

3.4.3 内部収益率

審査時点で算定された財務的内部収益率（FIRR）は 4.9%であり、経済的内部収益率（EIRR）は 14.9%であった。なお、評価時点での財務的内部収益率（FIRR）及び経済的内部収益率（EIRR）の算定は第 2 期工事分の建設費及び第 1 期/第 2 期工事分に分けての運営維持管理費が入手できないこと、及び算定のための前提条件（路線ルート、地下鉄網計画の全体計画及びそれに伴う事業実施計画の変更等）が大幅に変化した為、算出は困難である。



車両基地



礪口路駅

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、事業期間が計画を若干上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

事業完成後、武漢地鉄集団（旧名：武漢市軌道交通公司）の子会社である武漢地鉄運営有限公司（武漢地鉄集団の 100%出資会社）が運営維持管理を行っている。現在（2010 年 11 月現在）、同有限会社は 12 部局を有し、総職員数は約 1,600 人である。内、維持管理に関わるのは維持管理部の職員約 500 名であり、運営/運行に携わる部門の職

員数は指揮配車センターの職員約 50 名、車両部の約 500 名、乗客輸送部の約 500 名である。

3.5.2 運営・維持管理の技術

総職員数約 1,600 人の内、301 人は大卒、1,262 人は専門学校以上の卒業生である。技術系職員の内、4 名が高級技師、25 名が技師、37 名が技師補の資格を有している。

2011 年に実施された研修は運転マニュアル、安全管理、信号故障時の緊急対策等、14 科目に及び、その研修は社内及び調達機材会社で実施された。科目別研修は 3-10 時間に及び科目別受講者数は 35-195 名の範囲である。なお、安全・サービス向上に係る研修は、毎年 1 回、全職員を対象に実施している。マニュアルについては、乗客輸送サービス管理規制手順、運行/安全確立管理規制手順、車両配車管理規定、車両検査修理管理規定等、各職務別に整備されている。

3.5.3 運営・維持管理の財務

計画段階では、当初第 1 期工事対象区間の宗関～黄浦路間（延長約 10km）に対しては均一料金で、2004-2012 年は 2 元/人を想定していた。

しかしながら、開通後、利用乗客数が少なかったこともあり、運賃を安く設定していた。その後も改定があったが、現在の運賃は 6 駅区間以内 1.5 元、7 区間以上は 3 駅区間ごとに 0.5 元追加の料金体系となっている。過去 4 年間の収支状況は表 10 のとおりである。

表 10 過去 4 年間の収支状況

(単位：千元)

年	2008	2009	2010	2011
運賃収入	16,513	19,515	56,546	95,980
広告収入	2,667	4,956	18,171	19,110
固定資産賃貸収入	14,420	15,779	19,393	19,610
市政府補助金	18,000	18,000	18,000	18,000
収入合計	51,600	58,250	112,110	152,700
運営維持管理費	50,760	57,380	99,060	122,550
収支	840	870	13,050	30,150

出典：質問票への回答書

注：固定資産賃貸収入は車両基地高架下の用地を商業用地として転貸して得た収入を含む。

利用者が少なく、また、運賃が低額に設定されていることもあり、営業収入だけでは運営維持管理費を賄えていないため、過去 4 年間毎年、武漢市政府は 1,800 万元の補助金を支給している。2004 年 7 月第 1 期区間開通後は利用乗客数が少なく、営業収入も極端に少なかったが、2010 年 7 月 28 日に全線開通した結果、運賃収入も増加し、2010 年、2011 年両年の収支は大きく黒字に転じている⁵。なお、親会社の武漢地鉄集団は武漢市 100%出資の国有企業であり、将来的にも武漢市政府からの財政支援は受けられる見込みである。また、本事業で建設された機材/施設の運営維持管理に必要な予算はほ

⁵ 2011 年は市政府の補助金を除いても収支は黒字となっている。

ば確保されており、財務的に特に大きな問題点は見受けられない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

車両については、定期的な車内清掃/洗車、2 万 km 走行毎の外観検査、40-60 万 km 走行毎のオーバーホール（車両を解体し、精密検査及び摩耗部品の交換等の実施）を行っている。また、軌道、送電線についても毎日、検査を実施している。

実際に乗車した目視検査でも、車両内及び駅/ホームは清潔に保たれていることが確認出来た。特に、2004 年に本事業で導入された車両と 2010 年に第 2 期事業で導入された車両の車内外外観状況はほとんど差がなく、維持管理の質の高さが確認できた。また、駅職員の接客態度も良く、駅構内の案内も見やすいものであった。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は武漢市の宗関～黄浦路間に全長約 10km の都市鉄道を建設することにより、市中心部の交通渋滞の緩和を図り、もって同市の大気汚染の改善および社会経済発展の促進に寄与することを目的としていた。妥当性については、本事業の実施は中国及び武漢市の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、評価は高い。また、本事業の開発目的である、交通渋滞の緩和、ひいては大気汚染の改善及び社会経済発展の促進については、本事業の実施により、一定の効果の発現が見られ、有効性は中程度である。効率性は、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を若干上回ったため、中程度である。しかしながら、本事業の持続性については、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

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

現在、ピーク時の利用乗客数は計画どおりの数字に達しているが、オフピーク時の利用者数が少ないため、1 日あたりに利用者数が極端に少ない。ピーク時の車内混雑及び日中の市内道路の交通渋滞を緩和するため、北京市で実施されているような、日中の一般車両の利用制限政策を導入することを検討すべきと考える。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

- (1) 本事業借款対象事業の事業完了（正式な開通日）は2004年7月であり、貸付完了日は2006年7月であった。本事後評価が現時点で行われている理由は、借款対象事業以外の自己資金で実施した第2期工事区間を含む全体事業の完成（第2期工事区間の正式開通日）が2010年7月であったためである。事業完成約7年後の事後評価実施に際しては、データ/情報収集、事業従事者との面談等が困難となり、評価/分析作業において、その正確さ/精度にも影響を及ぼしかねない。正確な事業評価のためには、記録、データを適切に保存しておくことが求められる。
- (2) 本事業開始後、2003年ごろから、本事業対象路線（第2期工事区間）のルート変更及び武漢市の地下鉄網整備計画が策定された結果、本事業を対象としたF/S調査で行った需要予測（乗客数）等について再検討する必要性が生じたが、本事業では大幅な路線変更後の計画値の設定がなされていない。このような、事業目的/効果に大きな影響を及ぼす事業内容の変更が生じた場合、審査に準ずる詳細な事業内容の見直し・検討・評価を実施し、事業内容の再確認、実施工程の修正/修正に伴う影響、運用効果指標目標値の再設定、経済/財務分析等を行う必要がある⁶。
- (3) 第2期工事区間の完成遅延（2007年完成予定が2010年7月に遅延）により、本事業第1期工事区間の効果発現（特に全線平均乗客数）が遅れている。第1期工事区間の効果発現のためには、円借款事業対象外ではあったが、第2期工事区間の計画通りの完成は必須のものであった。このように、たとえ円借款事業対象外の事業でも、当該事業の効果発現に影響を及ぼす事業については、当該事業完成後（貸付完了後）も、事業実施機関だけでなくJICAもその進捗状況を把握し、円借款対象事業の有効性への影響を十分検証しておく必要がある。

以上

⁶ なお、円借款については2004年度以降、中間レビューの制度を試行的に導入している。事業効果の発現に影響を与える要素があるなどの理由により、中間段階の確認が必要なプロジェクトを対象に、妥当性や効果の発現見込みなどを評価することで、必要に応じて運用効果指標を含むプロジェクトの計画見直しに役立っている。

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット 土木/軌道工事 信号/通信設備 電力/防災等 管理設備 車両 環境対策 車両基地	宗関～黄浦路間 延長約 10km (高架軌道) 駅10箇所(高架) ATC、ATO による車上信号 駅間通信：光ケーブル、車両と の通信：無線通信、地上保守要 員との連絡：無線 変電所：13ヶ所 制御センター、料金収集システム 12編成(48両) 汚水排水処理、防音壁 一箇所(礪波路駅～利濟北路駅 間 総面積約26,000㎡)	計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 32,700 m ² 。約25%増
② 期間	2001年3月～2003年12月 (34ヶ月)	2001年3月～2004年7月 (41ヶ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	2,894百万円 24,037百万円 (1,849百万元) 26,981百万円 2,894百万円 1元＝13 円 (2001年3月現在)	2,340百万円 22,048百万円 (1,577百万元) 24,388百万円 2,340百万円 1元＝13.981円 (2000年1月～ 2004年12月の単純平均)

以上

中華人民共和国

放送事業（山東省済南市）

外部評価者：グローバルリンクマネジメント株式会社

芹澤 明美

0. 要旨

本事業は、山東省済南市において放送局のインフラ整備及び研修を行うことにより、テレビ・ラジオ放送の量・質の改善を図り、市民の知識・文化水準の向上及び日本に対する理解の促進に寄与することを目的としていた。本事業の実施は中国の開発政策、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。本事業は、市民の日本に対する理解促進への寄与は限定的であったものの、済南市の放送の量・質の向上に貢献し、また、市民の知識・文化水準の向上には一定程度貢献したと見られるため、有効性・インパクトは高い。事業期間は計画内に収まったが事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



高精細度（ハイビジョン）中継車

1.1 事業の背景

中国の放送事業は、中央、省・直轄市・自治区、市、県の4つのレベルで、それぞれの行政機関の管轄下にある各放送局によって運営されている。2001年当時、全国でテレビの人口カバー率は94%、ラジオの人口カバー率は93%に達し、放送による国民への影響力は非常に大きなものとなっていた。政府は放送を村々まで普及させることで、国民への情報伝達と文化水準の向上に役立てることとしていた。

本事業は、済南市の放送を量・質の両面で改善し、幅広い層の市民に対して放送視聴の機会を提供することで、市民の知識・文化水準の向上に寄与することを目的にすると同時に、放送を通じて市民の日本への理解を促進することも期待していた。さらに、本件では

本邦技術活用条件（Special Terms for Economic Partnership: STEP）を適用することで、日本の優れた放送関連技術・機材を中国に導入することも予定していた¹。

1.2 事業概要

山東省済南市において放送局のインフラ整備及び研修実施により、テレビ・ラジオ放送の量・質の改善を図り、もって放送を通じた市民の知識・文化水準の向上及び日本に対する理解の促進に寄与する。

円借款承諾額／実行額	2,914 百万円／2,913 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2004 年 3 月／2004 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 12 年）、 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／済南市人民政府
貸付完了	2010 年 1 月
本体契約	-
コンサルタント契約	-
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等（if any）	山東省発展計画委員会諮詢公司による F/S（2003 年 6 月）
関連事業（if any）	なし

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

芹澤 明美（グローバルリンクマネジメント株式会社）

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 9 日～10 月 22 日、2012 年 2 月 21 日～3 月 2 日

2.3 評価の制約

なし。

3. 評価結果（レーティング：A²）

3.1 妥当性（レーティング：③³）

3.1.1 開発政策との整合性

中国第 10 次 5 ヶ年計画（2001-2005）では、放送事業の方針として、情報化の推進、文化生活の質の向上、環境保護・生態系整備、教育の発展、法制度の浸透、市場経済の新秩序の整備、医療・衛生の改革・発展が示されていた。国家ラジオ映画テレビ総

¹ 中国の放送事業（STEP 適用）として、本事業を含めて 6 件が同時に採択された。他の 5 件の対象地域は、青海省、雲南省、安徽省、吉林省、寧夏回族自治区であった。

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

局の「ラジオ映画テレビ科学技術第 10 次 5 ヶ年計画及び 2010 年長期計画」においては、2010 年までに行政村におけるテレビの視聴者カバー率を 91%（2000 年）から 97%以上に、ラジオの視聴者カバー率を 92%（2000 年）から 98%以上に拡大することを目標としていた。済南市では、第 10 次 5 ヶ年計画期間中に、放送機材のデジタル化推進と番組の量・質の向上を図ることにしていた。

中国第 11 次 5 ヶ年計画（2006-2010）では、報道番組の強化、放送技術の向上とインフラ整備を、第 12 次 5 ヶ年計画（2011-2016）では放送インフラ強化による情報化の推進や、放送を通じた文化発展を目標に掲げている。済南市の第 11 次 5 ヶ年計画では文化の発展とラジオ・テレビの影響強化を、第 12 次 5 ヶ年計画では放送のハード面においてデジタル化の推進を、ソフト面については番組の創造性強化と文化の発展を掲げている。

従って、本事業で目指す「放送の量・質の改善」と「市民の知識・文化水準の向上」は、事前評価時及び事後評価時ともにこれら開発計画に十分に合致しているといえる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

済南市は山東省の省都で、機械・自動車・電機・化学工業を主要産業とする大都市である。本事業による放送機材の整備によって、放送事業のレベルアップを図り、幅広い住民に情報を提供し地域活性化に貢献することが期待されていた。済南テレビ局・ラジオ局は、第 8 次 5 ヶ年計画（1991-1995）で予定されていた機材の更新が予算不足のために本事業の審査時点で行われておらず、技術・設備の質が低下し、番組制作に支障を生じていた。

事後評価時点においては、放送機材の整備と、番組制作・放送・編集等全ての面で機材と技術の改善を継続する必要性を実施機関は認識している。特に、高精細度（日本でいうハイビジョン）の技術に対するニーズが高い。放送は、経済、文化、生活の知識等を幅広い層の市民に伝える役割があり、都市の発展と市民の知識・文化水準向上に不可欠である。

以上から、審査時及び事後評価時ともに、済南市における放送機材及び技術を改善するニーズは高かったといえる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

「対中国経済協力計画」（2001 年 10 月）において、市場経済化促進、内陸部の民生向上・社会開発、民間レベルの経済関係拡大のための環境を整備することを記載している。JICA（当時 JBIC）の「海外経済協力業務実施方針」（2002 年 4 月～2005 年 3 月）では重点分野として人材育成を掲げ、開発途上国における情報格差の是正は所得格差の是正につながるとして重視していた。放送は、幅広い層の国民に情報を伝達する役割を担っており、人材育成や経済・文化活動の促進、地域の活性化に寄与するものである。従って、放送機材・技術を整備する本事業は日本の援助政策と合致していた。さらに、本事業では日本番組の放送等を通じて中国人の日本文化への理解を深めることが期待されており、「対中国経済協力計画」で謳う「両国国民間の相互理解の促進」に沿うものであった。

以上から、本事業で目指す「放送の量・質の改善」と「市民の知識・文化水準の向上」は、中国の開発計画・ニーズ及び日本の援助政策に十分に合致しているといえる。「市民の日本への理解深化」は日本の援助政策に対応している。よって、本事業の実施は中国の開発政策、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⁴（レーティング：③）

有効性に関しては、定量的効果（視聴者数、人口カバー率、番組数や番組放送時間等、運用・効果指標で測られるもの）及び定性的効果（放送番組の内容の向上について、放送局及び受益者の見解）の双方に基づいて判断するものとし、以下の通り分析する。

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) テレビ・ラジオ放送の量の改善

表1で示す通り、実施機関との間で合意した5つの指標（視聴者数、人口カバー率、自主制作番組比率、教育番組数、教育番組の放送時間）は計画を達成した。本事業は、効率性の節で述べるとおり2008年12月に完了したため、2008年の実績値は得られていない。審査時点では「完工後2年目」の目標値を設定していたと解釈できるため、2011年の実績値（実際に本事業が完了した2008年12月の2年後）との比較とする。

表1 テレビ・ラジオ放送の量・質の改善
(中国側と合意した指標)

指標名	局	2003年実績 (基準値)	2008年計画 (完工後2年) (*)	2011年実績
視聴者数 2011年の済南市人口 は681万人。	T	88.4万世帯	90万世帯 (テレビ・ラジオ の区別記載なし)	98万世帯 (580万人)
	R	600万人		800万人 (周辺地域も含む)
人口カバー率		T+R 98.3%	T+R 99.0%	T 100% (人数ベースでは 98.3%)
				R 100%
自主制作番組の比率	T	23.6%	35.0%	45%
	R	77.8%	85.0%	90%
教育番組数	T	3部/週	5部/週	12部/週
	R	6部/週	9部/週	15部/週
教育番組放送時間	T	2時間/日	5時間/日	10時間/日
	R	3時間/日	7時間/日	14時間/日

T=済南テレビ局、R=済南ラジオ局

(注*) 審査時資料には2008年=完工後2年と記載されているが計画では2009年12月事業完了を予定していたので、記載事項が整合していない。

出所： 審査時資料、質問票回答、実施機関聞き取り

⁴ 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 には、中国側と合意された指標ではないが、日本側で参考として記載していた指標データを示す。ほとんどのものが目標を達成したが、テレビの「外国制作番組数」と「日本制作番組数」の実績はゼロであった。その理由は、外国制作番組の購入・放送を中央政府が規制しているためであった。

表 2 テレビ・ラジオ放送の量・質の改善
(その他の指標)

指標名	局	2003 年実績 (基準値)	2011 年計画 (JICA 審査時資料)	2011 年実績
自主制作番組数	T	43 部/週	60 部/週	65 部/週
	R	93 部/週	110 部/週	600 部/週
チャンネル数 (注)	T	自局 6 (+他局 43)	8	自局 8 (+他局 90)
	R	4	1	6
放送時間	T	44,100 分/週	58,380 分/週	58,880 分/週
	R	18 時間/日	20 時間/日	24 時間/日
防災関連番組数	T	2 部/週	3 部/週	8 部/週
	R	1 部/週	5 部/週	5 部/週
環境保護関連番組数	T	2 部/年	3 部/年	52 部/年
	R	2 部/年	4 部/年	6 部/年
公衆衛生関連番組数	T	2 部/年	5 部/年	360 部/年
	R	2 部/週	8 部/週	8 部/週
市場ルール強化関連 番組数	T	3 部/週	4 部/週	21 部/週
	R	3 部/週	6 部/週	6 部/週
外国制作番組数	T	12 部/年	17 部/年	0
	R	0 部/年	6 部/年	8 部/年
日本制作番組数	T	6 部/年	15 部/年	0
	R	0 部/年	4 部/年	4 部/年
少数民族向け番組数	T	5 部/年	8 部/年	10 部/年
	R	3 部/月	5 部/月	5 部/月
女性向け番組数	T	5 部/週	8 部/週	21 部/週
	R	7 部/月	10 部/月	30 部/月
児童向け番組数	T	7 部/週	15 部/週	43 部/週
	R	5 部/週	10 部/週	10 部/週

T=済南テレビ局、R=済南ラジオ局

注： 済南テレビの 8 チャンネルは、ニュース、都市、映画、バラエティ、生活、ビジネス、子供、モバイル。近々「高精細度チャンネル」を開始する予定。

出所： 審査時資料、質問票回答

表 1、2 から、視聴者数の増加、カバー率の向上、番組数の増加等、放送の量的な改善が確認できる。

3.2.2 定性的効果

テレビ・ラジオ番組の質は以下のように改善された。具体的には、制作・編集手法の高度化・多様化、音声や画像の改善、番組の多様化や内容の充実、番組に対する視聴者からの高評価が確認された。

(1) ハード面

施設・機材の整備によって、デジタル化・ネットワーク化に対応でき、番組の制作・編集手法の高度化・多様化が進むと同時に作業の効率性が向上した。例えば、以前は全て録画・録音素材だったのが、生放送と組み合わせできるようになったこと等で、番組の構成が多様になった。

済南テレビ局は、国家放送映画テレビ総局から、制作放送統合ネットワークについて「科学技術革新 1 等賞」を、放送総合コントロールシステムとハイビジョン中継車について「3 等賞」を受賞した。

(2) ソフト面

本事業による研修の成果として、機材の操作や編集の能力が向上し、番組制作の手法が多様化した。前節で言及したように自主制作番組の数・比率ともに増加したことも、番組制作能力の向上を示す。また、創造性が高まり、下に掲げるような済南ならではの番組を複数制作した実績もある。

本事業開始以降の済南テレビ局制作番組（地域文化に関するもの）の実例として次のものがある。

- ・ 「泉城⁵の世界」や「素晴らしい済南」等、地域文化に関するドキュメンタリー。
- ・ 「素晴らしい中国民俗文化」（2007 年）：民俗文化の芸術家を紹介。人気番組となり、CCTV（中国中央電視台）を含む中国の他の放送局からも注目された。
- ・ 「山東快書のヒーロー」（2008 年）：伝統的な民俗芸能である山東快書（講談の一種）の勝ち抜き戦。済南や北京等 5 つの大都市で 50 人以上が参加した。参加者は有名になり、山東快書への認知が高まった。
- ・ 「東京の舞」（2007 年）：山東省出身で 20 年間日本に住む舞踊家 鐘雪氏に関するドキュメンタリー。鐘氏が日本で中国舞踊の創作・指導を行い、両国間の相互理解促進に貢献している様を描いた。済南テレビと日本で放送された。

済南テレビ局によれば、これら地域文化を紹介する番組は、視聴者や中国国内の他の放送局からの評判が良く、紹介された題材や出演者が注目を浴びるなど、伝統文化や済南市・山東省に対する視聴者の関心を喚起したとのことである。済南市を紹介する番組のいくつかは、済南のイメージ向上と、観光地としての認知を高めることを目的として、香港や台湾で放送された。

済南市民 100 名⁶を対象とした受益者調査の結果、済南テレビの放送が 2008 年以降改善したと回答した者が 92%、済南ラジオの放送が 2008 年以降改善したと回答した者が 83%にのぼった。改善した点として挙げられたものは以下の通りであった。

テレビ

- ・ 番組の多様性が増した。

⁵ 泉城は済南の別名。市内に泉が多いことから。

⁶ 100 名の内訳は、男性 63 名、女性 37 名。年齢は 10 代から 60 代まで。職業は会社員、自営、公務員等。

- ・ 視聴者のニーズに対応した番組が増え、視聴者や市民生活と放送との距離が近くなったと感じる。
- ・ 画像や音声の質が向上した。
- ・ 受信状況が改善した。

ラジオ

- ・ 多様な視聴者層に合わせて様々な番組が放送されている。
- ・ 視聴者のニーズに対応した番組が増え、視聴者や市民生活と放送との距離が近くなったと感じる。番組に視聴者参加の機会が増えた。
- ・ 交通情報や天気予報など、日常生活に役立つ内容が放送されている。

以上から、テレビ・ラジオ番組の質は計画通りに改善されたといえる。



中継車内部



中継車内部

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 済南市民の知識・文化水準の向上

受益者調査結果によると、テレビ・ラジオ放送は市民の生活に浸透しており、番組から得た情報を日常生活に活用している者が多い。

表 3 受益者調査結果 放送からのインパクト

テレビで得た知識を実生活で活用している	77%
ラジオで得た知識を実生活で活用している	71%
テレビ・ラジオによって、自分・家族・コミュニティに良い影響がある	69%
テレビ・ラジオによる負の影響はない	82%

テレビ・ラジオ番組から得たどのような情報を日常生活に活かしているかの例として、天気予報、交通情報、市場情報、法律（ビジネス、家庭、不動産）、防犯、食品の安全、健康知識、政府情報等が挙げられた。テレビ・ラジオからの正の影響については、番組で得た情報を家庭やコミュニティ内の問題解決に役立てたこと等、様々な回答が挙げられた。番組からの負の影響の具体例について回答はなかった。

(2) 市民の日本への理解深化

後述の「効率性」の項で記載のとおり、「市民の日本への理解深化」のためのソフトコンポーネントは、「山口市・和歌山市（友好都市）との連携」、「日本制作番組の放映権購入」、「日本の放送局との番組共同制作」が想定されていた。この中で、上述のドキュメンタリー「東京の舞」は、日本の番組制作会社（代表は中国人）と済南テレビ局との共同で制作され、日中の視聴者は、互いの国に対して関心を高めたものと推測される。しかし、日本に関する番組が済南テレビ局で制作され両国で放送された例はこの1件のみであることから、市民の日本への理解深化への影響は限定的である。「山口市・和歌山市（友好都市）との連携」と「日本制作番組の放映権購入」は、効率性の節で後述する通り実施されなかった。

一方で、受益者調査回答者のうち40%が、「テレビ・ラジオによって日本に対する印象が変わった」と回答している。日本について関心を持っている事柄を挙げてもらったところ、アニメ、電気電子機器、先端技術、政治、2011年3月の震災・原発事故、文化（文学、音楽、ファッション、美容）、観光等多岐にわたっており、済南市民は日本のことを良く知っていると言える。日本の事象については、日本を題材に制作された番組を通じてというよりは、通常のニュース番組等から情報を得ているものと推測される。好きな日本の番組を挙げてもらったところ、定番の人気アニメやバラエティ等多数が上がった。ただし、名前が上がった日本の番組は比較的古いもので、本事業実施前から放送されていたと推測される。従って、市民の日本・日本文化への関心の高さは、本事業の直接の効果によるものとは言えない。

上述の通り、研修以外のソフトコンポーネントの中で実施されたのは「番組共同制作」1本のみであったので、本事業による直接的な「市民の日本理解への深化」への貢献は限定的であった。しかし、放送の質・量の改善及び市民の知識・文化水準の向上への貢献は十分に認められるため、本事業の有効性・インパクトは高いと判断する。

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

本事業による機材整備は済南市テレビ局・ラジオ局の敷地・建物内で行われ、放送機材という性質からも自然環境に影響を及ぼすようなものではなかった。済南市環境保護局も、本事業による大気汚染、騒音、電波の発射による自然環境へのインパクトは発生しなかったことを確認した。

(2) 住民移転・用地取得

本事業による住民移転・用地取得は発生しなかった。

(3) その他のインパクト

JICA の STEP 中国放送事業 6 件の中で済南市の事業は最初に完成したため、他の 5 事業に対して経験の共有を図る目的で、2006 年 6 月に JICA と中国財務省による会議を開催した。「科学的な管理と効率的な事業運営」、「需要の明確化により適切な機材を選定・調達」、「指導層が進捗状況を常に確認」、「JICA との頻繁な面談によって双方の理

解促進」等が済南放送事業からの経験として共有された。実施機関によれば、特に、国際競争入札実務と入札書類の作成方法、機材の納入確認方法等について、他の 5 事業の入札の際に済南の経験が役立ったとのことである。

その他に、負のインパクトは特に確認されなかった。

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

アウトプットの計画・実績の比較は表 4 の通りである。主な点を以下に示す。

(1) ハードコンポーネント

- ・ 円借款によって調達される予定だった機材は計画では計 12 パッケージ（テレビ局用 10、ラジオ局用 1、ネットワークセンター用 1）あったが、うち 5 パッケージ分（テレビ局用 4、ネットワークセンター用 1）は円借款での調達開始前に自己資金で調達され、新たにテレビ局用の高精細度機材（1 パッケージ）を円借款対象に追加した。従って、実際に円借款で調達された機材は 8 パッケージ（テレビ局用 7、ラジオ局用 1）であった。しかし、円借款分と自己資金分を合わせた全体をみると、機能・用途の面では、調達された機材は計画通りである。
- ・ ただし、個々の機材については、計画から調達まで 2 年ほどあったために機材の進化や価格の変動が生じ、実際に調達された機材のスペック・価格は計画と異なった。全体として、計画よりも高度かつ高額な機材となった（表 5 も参照のこと）。円借款で調達する機材は、合計金額が円借款対象額の枠内に収まるように、スペックや価格を見て選定した。
- ・ 自己資金で調達した機材についても、個々のスペック・価格が計画時の見積もりとは異なる。しかし、パッケージの大幅な組み替えを行ったため、実施機関においても計画時のパッケージと対応させて比較することができない。

(2) ソフトコンポーネント

- ・ 研修はテレビ局についてのみ実施された。円借款で調達した機材のほとんどがテレビ局用であったため、研修はそれら機材の操作・維持管理技術に特化した。計画では、8 名（テレビ局 6 名、ラジオ局 1 名、ネットワークセンター 1 名）に対して各 1 ヶ月の研修を行うこととしていたが、実際はテレビ局の 20 名に対して 12 日間の研修を実施した（人日数の合計は計画と実績で同じ 240 人日である）。
- ・ 研修以外のソフトコンポーネントとしては、日本制作番組の放映権購入、山口市・和歌山市（友好都市）との連携、日本の放送局との番組共同制作が想定されていた。この中では、上述のとおり、ドキュメンタリー「東京の舞」が、日本の番組制作会社と済南テレビ局との間で共同制作された。その他のソフトコンポーネントについては、中国の放送政策上実施困難等の理由で実現しなかった。

- 「日本制作番組の放映権購入」：中国では自国の文化及び放送事業の保護のため海外番組に対する規制が存在し、地方の放送局が海外番組を購入・放送するのは実際困難であった。
- 「友好都市との連携」：研修の受け入れ機関の候補として山口・和歌山の放送局が例示されると同時に、友好都市の放送局との番組交換を検討することになっていた。実際は、済南テレビ局職員の研修ニーズに対応できる NHK 放送技術研究所（東京）で研修が実施され、山口や和歌山では行われなかった。番組交換は、上述の海外番組の購入と同様、中国の放送政策上困難であった。

表4 アウトプット（円借款資金で調達・実施されたもの）

	詳細	計画	実績
ハード面	済南テレビ局	(10 パッケージ) ・ 放送センター（スタジオ改装） ・ スタジオ機材（デジタル撮影機・録画機・編集機、モニタ等） ・ 中継車	(7 パッケージ)（注） ・ 放送センター（スタジオ改装） ・ スタジオ機材（デジタル撮影機・録画機・編集機、モニタ等） ・ 中継車
	済南ラジオ局	(1 パッケージ) スタジオ機材（デジタル撮影機・編集機、ワークステーション、ミキサー等）	(1 パッケージ) スタジオ機材（デジタル撮影機・編集機、ワークステーション、ミキサー等）
	済南ラジオ・テレビ情報ネットワークセンター	(1 パッケージ) ケーブルテレビ機材（ケーブルモデムシステム、受信ステーション、サーバ等）	なし（注）
ソフト面	済南テレビ局	・ 研修（番組制作、編集、維持管理についてそれぞれ1ヶ月x2名=6名） ・ 山口市・和歌山市（友好都市）との連携 ・ 日本制作番組の放映権購入 ・ 日本の放送局との番組共同制作	・ 研修（番組制作、編集、維持管理について12日x20名。NHK 放送技術研究所で2007年、2組に分けて実施） ・ 友好都市との連携事業実績はない。 ・ 日本制作番組の放映権購入は行われなかった。 ・ 日本の番組制作会社と共同でドキュメンタリー「東京の舞」を制作した。
	済南ラジオ局	研修（ラジオ技術1ヶ月x1名）	なし
	済南ラジオ・テレビ情報ネットワークセンター	研修（ネットワーク技術1ヶ月x1名）	なし
コンサルティングサービス	調達に関するもの	① 詳細設計（D/D）と事前資格審査（P/Q）書類作成補助 ② P/Q 結果評価の補助 ③ 入札書類作成補助 ④ 入札結果評価の補助	① 詳細設計（D/D）書類作成補助 ③ 入札書類作成補助 ④ 入札結果評価の補助 P/Q は行われなかった。
	研修に関するもの	① 日本での研修実施補助 ② 日本の放送局との番組共同制作の補助 ③ 日本制作番組や放映権等の購入の補助	① 日本での研修実施補助のみ行われた。

出所：審査時資料、PCR、質問票回答

注：円借款で調達されなかった機材は自己資金で調達されたため、機材については計画通りに整備された。



済南テレビ局 大スタジオ



済南ラジオ局 番組収録風景

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

審査時に積算された総事業費は 4,176 百万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ総額 2,914 百万円、残りは各放送局が手当てする予定）であった。実績は、(a)「円借款で調達された機材 8 パッケージと研修及びコンサルティングサービス」については事業費が 4,185 百万円（内、円借款は外貨分全額の 2,913 百万円、残りは各放送局が手当て）であり、この部分は事業全体の計画に対して円建てでは 100%、現地通貨建てでは 99% であった。前節で説明したとおり、円借款で調達された個々の機材については、計画から調達まで 2 年ほどあったために機材の進化や価格の変化が生じ、実際に調達した機材のスペック・価格は全体として計画よりも高度かつ高額なものとなった。また、(b)「円借款対象から外して自己資金で調達した機材」については、パッケージの組みかえ等があったため実施機関においても金額の実績が把握できなかった。

(a)の円借款調達機材に関し、該当パッケージ合計額は、表 6（調達パッケージごとの詳細）で示すように、実績が計画を上回っている。これは計画より高度・高額な機材が調達されたこと及び高精細度機材（パッケージ No.13）が円借款対象に追加されたことに見合うものと言える。一方、(b)の自己資金部分については機材スペック・価格の詳細が不明であることから、実際のアウトプットに対して事業費が適切であったかどうかを判断することはできず、また計画の価格と比較することもできない。従って(a)と(b)を合わせた全体の事業費実績は不明であり、全体として事業費がアウトプット実績に見合うものだったかどうかを判断するための十分な情報も得られなかった。しかし(a)の部分だけでも事業費は全体計画とほぼ同額になるので、(b)の部分を加えた総事業費が計画を上回ることは確かである。総事業費が計画を上回った理由がアウトプットの変更に伴う妥当なものであったと判断する十分な情報が得られないことから、事業費のサブレーティングは中程度（②）とする。

表 5 事業費

	計画					実績				
	外貨	内貨		合計		外貨	内貨		合計	
	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円	百万円
放送機材	2,579	84	1,201	264	3,780	2,855	88	1,272	285	4,127
研修等	55	0	0	4	55	16	0	0	1	16
コンサルティングサービス	62	0	0	4	62	39	0	0	3	39
物価上昇費	83	0.1	1	6	84	-	-	-	-	-
予備費	135	4	60	14	195	-	-	-	-	-
借款管理費	-	-	-	-	-	3	0	0	0.2	3
合計	2,914	88	1,262	292	4,176	2,913	88	1,272	289	4,185

出所： JICA 審査時資料、PCR、質問票回答

為替レート： 計画時 1 元=14.3 円。事後評価時 1 元=14.46 円（貸付期間中の平均）

注： JICA の記録上貸付は未完了であるが、2009 年 4 月 4 日に最後のディスバースが行われ、貸付実行総額が承諾額まで残り百万円の状態で止まっている。実施機関は残額を借りるつもりがないため、実質的には貸付は完了している。従って、貸付期間終了を 2009 年 4 月として計算した。

本事業は本邦技術活用条件（STEP）が適用され、調達の主契約は日本タイドとすること、日本を原産とする資機材を本体契約総額の 30%以上調達することが条件づけられていた。STEP 条件は遵守され、日本からの資機材調達比率は本体契約総額の 32.19%となったが、当初計画の 63.20%を下回った。実施機関は、STEP 条件によって、入札参加者の数が中国における同様の事業に比べて少なくなり、コントラクターの選択肢と価格競争の幅が制限されたと感じている。実施機関がなるべく幅広い調達先候補から価格・品質に優れた者を選定しつつも原産地比率 30%以上を遵守した結果、日本からの資機材調達比率 32.19%を確保できたものと思われる。

表 6 調達パッケージごとの計画・実績

パッケージ	計画			実績		
	総額 (百万円)	日本製品 (百万円)	日本製品 の割合(%)	総額 (百万円)	日本製品 (百万円)	日本製品 の割合(%)
1. Radio station recording equipment (*1)	111.68	56.02	50.16	257	91	35.46
2. Network equipment (*2)	189.56	82.93	43.75	自己資金。パッケージが組み替えられたため把握できない。		
3. Mobile TV vehicle	351.51	297.08	84.52	350	184	52.70
4. Elevator, etc.	348.57	170.32	48.86	161	0	0
5. Stationwide assets administration system	92.24	92.24	100.00	自己資金。パッケージが組み替えられたため把握できない。		
6. Satellite vehicle, video equipment, etc.	148.99	73.97	49.65	596	72	12.21
7. Broadcast and transmission equipment	217.83	85.19	39.11	273	82	30.27
8. News center video/audio equipment	105.05	72.22	68.75	自己資金。パッケージが組み替えられたため把握できない。		
9. High resolution production equipment	124.62	114.62	91.98	自己資金。パッケージが組み替えられたため把握できない。		
10. Studio audio production system	153.28	112.73	73.55	237	30	13.08
11. Earlier stage and late stage production equipment	516.08	416.98	80.80	自己資金。パッケージが組み替えられたため把握できない。		
12. General art and visual studio video equip, .etc.	219.22	71.35	32.55	486	49	10.27
13. High resolution production equipment	円借款資金で調達される予定の機材には含まれていなかった。			491	406	82.79
Total	2,578.63	1,645.65	63.82	2,851	918	32.19

注： (*1)はラジオ局用、 (*2)はネットワークセンター用。残りはテレビ局用。

出所： 審査時資料、PCR、質問票回答、実施機関聞き取り



済南テレビ局 モニタ室



済南テレビ局 モニタ室

3.4.2.2 事業期間

事業期間は計画を下回った。審査時に計画された 2004 年 3 月 (L/A 調印月) より 2009 年 12 月 (全てのコンポーネントが完了⁷) の 70 ヶ月に対して、実績は 2004 年 3 月 (L/A

⁷ 「完了」の定義は、機材整備についてはコントラクターが機材配達を完了した時。研修については、中

調印月)より2008年12月の58ヶ月であり、計画比83%であった。

機材調達は2004年10月に開始し2008年6月に完了する予定であったが、実際は2005年12月に開始し2008年12月に完了した。L/A調印から機材調達開始までの間は、調達機材の見直し等、両国間の協議・調整にあてられた。上述の通り、計画では円借款で調達することになっていた機材の一部が、この間に中国側自己資金で調達された。円借款による機材調達が計画よりも早く完了したのは、済南市政府の監督の下で迅速な事業進捗に努めたことと、JICA中国事務所と頻繁に協議しお互いの理解を確実にしたためであった。日本での研修は2007年に実施され、コンサルティングサービスは機材調達と同時に行われた。

3.4.3 内部収益率

内部収益率は、本事業の効果を定量的に測ることができないため、審査時・事後評価時ともに算出しない。

以上より、本事業は事業期間については計画内に収まったものの、事業費が計画を若干上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

計画通り、済南テレビ局と済南ラジオ局が本事業で整備された機材の維持管理をそれぞれ行っている。

済南テレビ局は職員331名を擁し、本事業で整備された機材の維持管理に関する制作部・中継部・放送部の職員は合わせて84名である。済南ラジオ局は職員137名を擁し、機材の維持管理に関する制作・放送部と送信部の職員は合わせて40名である。両局とも、現在の機材維持管理状況が良好であることから、維持管理関係職員の人数は十分であるといえる。部署によって頻度は多少異なるものの、機材に応じて週、月、半年、1年毎に機材・設備の点検・補修を行っている。局内で対応できない故障については、機材メーカーの中国代理店に連絡して修理を依頼している。

済南テレビ・ラジオ情報ネットワークセンターは2011年6月に済南市政府から山東省政府の管轄下に移され、また結果として本事業の円借款部分には関係しなかったため、現状の維持管理体制について情報は得られなかった。

3.5.2 運営・維持管理の技術

済南テレビ局・ラジオ局の操作・維持管理担当の技術系職員数は表7に示す通りである。本事業による機材調達の際にメーカーから操作・維持管理方法について説明を受けたほか、本事業の中で行われた日本での研修にテレビ局の技術者20名が参加し、本事業で整備された機材の操作・維持管理を学んだ。テレビ局・ラジオ局内での研修は定期的に行われ、ハイビジョン中継車やデジタル放送機材等、各機材の操作・維持

国から日本に行った研修員が中国に帰国した日（審査時資料）。

管理技術を学んでいる。両局とも、機材の操作・維持管理について、人数的・質的に十分な能力を有している。

表 7 済南テレビ局・ラジオ局 操作・維持管理担当職員数

(単位：人)

	部署	高級エンジニア	中級エンジニア	合計
テレビ局	中継部	4	10	14
	放送部	2	10	12
	制作部	3	8	11
ラジオ局	番組制作・放送部	8	12	20
	送信部	6	10	16

出所：質問票回答

2012 年 3 月には済南テレビ局の技術系職員 8 名が、遼寧省の放送局員と共に JICA 研修に参加し、日本の放送機材メーカー等で高精細度や 3D の技術を学んだ。済南テレビ局職員によれば、中国では高精細度対応のテレビが普及してきているので、高精細度対応番組の制作技術を向上させる必要があり、このような研修は有効であるとのことである。

3.5.3 運営・維持管理の財務

済南テレビ局と済南ラジオ局の財務状況はそれぞれ表 8 と表 9 に示す通りである。両局とも収入源は広告収入のみであり、受信料収入や済南市政府からの財政補助はない。収支はプラスであり、維持管理費用は問題なく賄うことができている。

表 8 済南テレビ局 財務状況

(単位：百万元)

	2006	2007	2008	2009	2010
年間売上高（総収入） （全て広告収入）	132	137	129	167	157
売上原価・販売費・ 一般管理費	127	124	120	132	143
うち、運営維持管理費	20	25	22	29	30
営業利益	5	13	9	35	14

出所：質問票回答

表 9 済南ラジオ局 財務状況

(単位：百万元)

	2006	2007	2008	2009	2010
年間売上高（総収入） （全て広告収入）	44	50	59	62	84
売上原価・販売費・ 一般管理費	37	42	45	52	68
うち、運営維持管理費	21	16	33	18	19
営業利益	7	8	14	10	16

出所：質問票回答

3.5.4 運営・維持管理の状況

本事業で整備された機材の稼働状況は良好であり、特に問題は見受けられなかった。更新時期は早いもので 2016 年に予定されており、まだ数年は使用できる。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、山東省済南市において放送局のインフラ整備及び研修を行うことにより、テレビ・ラジオ放送の量・質の改善を図り、市民の知識・文化水準の向上及び日本に対する理解の促進に寄与することを目的としていた。本事業の実施は中国の開発政策、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。本事業は、市民の日本に対する理解促進への寄与は限定的であったものの、済南市の放送の量・質の向上に貢献し、また、市民の知識・文化水準の向上には一定程度貢献したと見られるため、有効性・インパクトは高い。事業期間は計画内に収まったが事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である。本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

中国のテレビ局においては高精細度関連の技術習得へのニーズが高い。2012 年 3 月に済南テレビ局の技術者対象に高精細度関連技術を主な内容とする JICA 研修を実施したが、同様の研修に対するニーズが類似放送事業の実施機関にもあると思われるので、引き続き計画・実施を検討されたい。高精細度関連技術に関しては、日本に比較優位があることから、日本企業のビジネスチャンスにつながる可能性もある。

4.3 教訓

- ・ 本事業では、「放送を通じた、市民の日本への理解深化」を促進することも効果として期待されていた。それに対応したソフトコンポーネントの一部は実施されたものの、このような個別事業による「日本への理解深化」への貢献は限定的である。今後、円借款事業で日本への貢献をも期待するならば、日本側だけでなく相手国側の政策やニーズに合致し関心の高い事業項目を設定すべきである。具体的には、日本が先進的な技術を持つ分野（中国の放送分野であれば高精細度等）の機材や技術支援ならば相手国側のニーズも高く、日本の関連企業・団体の関与も期待できるとと思われる。
- ・ 本事業のソフトコンポーネントの一部は、中国の放送政策・制度上の理由で実施できな

かった。相手国の政策・制度上の制約を受ける可能性があるソフトコンポーネントについては、事業実施前に政策・制度を十分確認し、実施可能性を検討したうえで事業に含めるべきである。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット	a. ハード面 <u>テレビ局</u> ・ 放送センター（スタジオ改装） ・ スタジオ機材（デジタル撮影機・録画機・編集機、モニタ等） ・ 中継車 （10 パッケージ） <u>ラジオ局</u> スタジオ機材（デジタル撮影機・編集機、ワークステーション、ミキサー等） （1 パッケージ） <u>ネットワークセンター</u> ケーブルテレビ機材（ケーブルモデムシステム、受信ステーション、サーバ等） （1 パッケージ）	a. ハード面 円借款で調達されなかった機材は自己資金で調達されたため、全体としては計画通り。 <u>テレビ局</u> ・ 放送センター（スタジオ改装） ・ スタジオ機材（デジタル撮影機・録画機・編集機、モニタ等） ・ 中継車 （7 パッケージ） <u>ラジオ局</u> スタジオ機材（デジタル撮影機・編集機、ワークステーション、ミキサー等） （1 パッケージ） <u>ネットワークセンター</u> なし
	b. ソフト面 <u>テレビ局</u> ・ 研修（番組制作、編集、維持管理についてそれぞれ1ヶ月 x 2名 = 6名） ・ 山口市・和歌山市（友好都市）との連携 ・ 日本制作番組の放映権購入 ・ 日本の放送局との番組共同制作 <u>ラジオ局</u> 研修（ラジオ技術 1 ヶ月 x 2 名） <u>ネットワークセンター</u> 研修（ネットワーク技術 1 ヶ月 x 2 名）	b. ソフト面 テレビ局向け研修と、番組共同制作のみ実施。 <u>テレビ局</u> ・ 研修（番組制作、編集、維持管理について12日 x 20名。NHK 放送技術研究所で2007年、2組に分けて実施） ・ 山口市・和歌山市（友好都市）との連携事業は行われなかった ・ 日本制作番組の放映権購入は行われなかった。 ・ 日本の番組制作会社と共同でドキュメンタリー「東京の舞」を制作した。 <u>ラジオ局</u> なし <u>ネットワークセンター</u> なし
	c. コンサルティングサービス <u>調達に関するもの</u> ① 詳細設計（D/D）と事前資格審査（P/Q）書類作成補助 ② P/Q 結果評価の補助 ③ 入札書類作成補助 ④ 入札結果評価の補助	c. コンサルティングサービス <u>調達に関するもの</u> ① 詳細設計（D/D）書類作成補助 ② 入札書類作成補助 ③ 入札結果評価の補助 P/Q は行われなかった。

項 目	計 画	実 績
	<u>研修に関するもの</u> ① 日本での研修実施補助 ② 日本の放送局との番組共同制作の補助 ③ 日本制作番組や放映権等の購入の補助	<u>研修に関するもの</u> ① 日本での研修実施補助のみ行われた。
② 期間	2004年3月～2009年12月（70ヶ月）	2004年3月～2008年12月（58ヶ月）
③ 事業費		
外貨	2,914百万円	2,913百万円
内貨	1,262百万円	1,272百万円
	（現地通貨）88百万円	（現地通貨）88百万円
合計	4,176百万円	4,185百万円
うち円借款分	2,914百万円	2,913百万円
換算レート	1元＝14.3円	1元＝14.46円
	（2003年9月現在）	（2004年3月～2009年4月平均）

以 上