

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

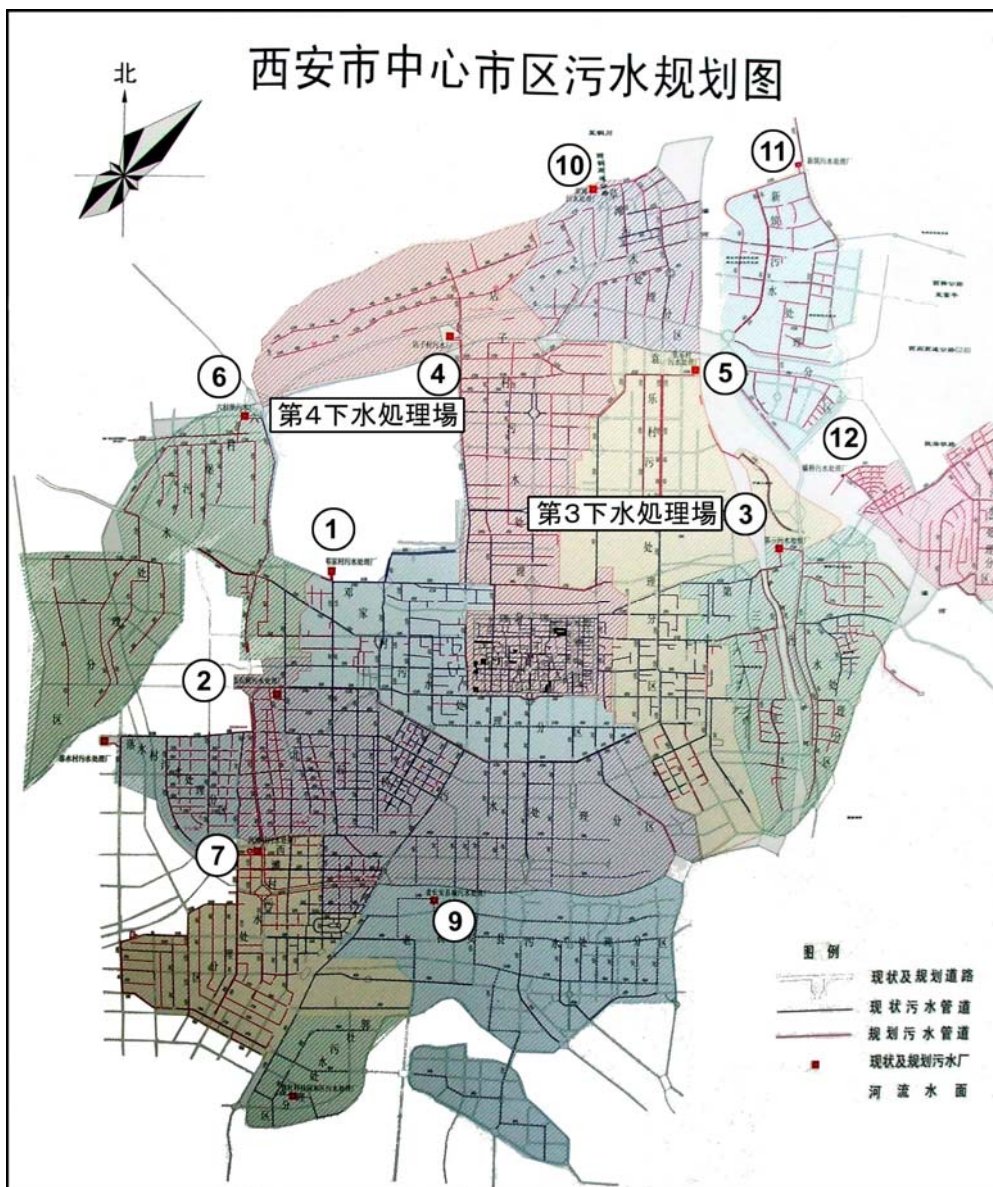
1.1 事業の背景

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%にとどまっておらず、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）、 一般アンタイト
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、都市部の汚水処理率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、西安市の汚水処理率を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、都市の汚水処理率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、省の汚水処理率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）、および汚水処理率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汚水処理率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、西安市街区の汚水処理率を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、西安市街区の汚水処理率は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 汚水処理率＝処理量÷全発生汚水量

事後評価時点では、西安市街区の汚水処理率は86%に上昇し（2010年データ）、汚水処理能力は118万m³/日まで拡張した（2011年データ）。さらに、汚水処理場の新設・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してきた。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	西安市污水处理有 限責任公司	-	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		-	-	-	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)	西安經濟開發区污 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、試運轉 中
第十一	新筑	西安國際港務区管 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)	
	第3	第4	第3	第4	第3	第4
下水処理場						
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。

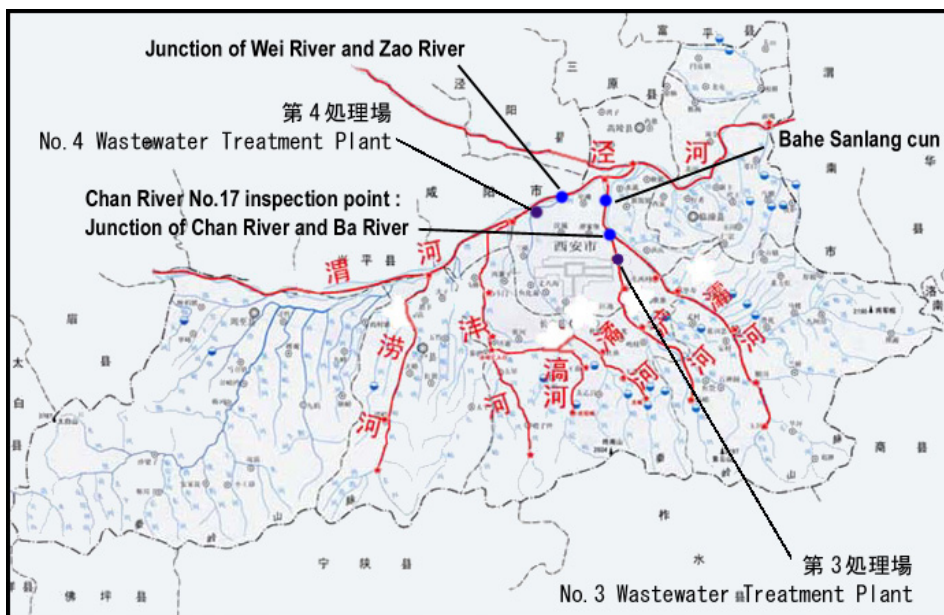


図2 西安市水系分布図

本事業の審査時点では、泾河についてCOD、BOD5、SS、TP、NH₄⁺-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、両地点の間に沣灞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污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灑橋分局が、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月まで灑灑地区で開催）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）

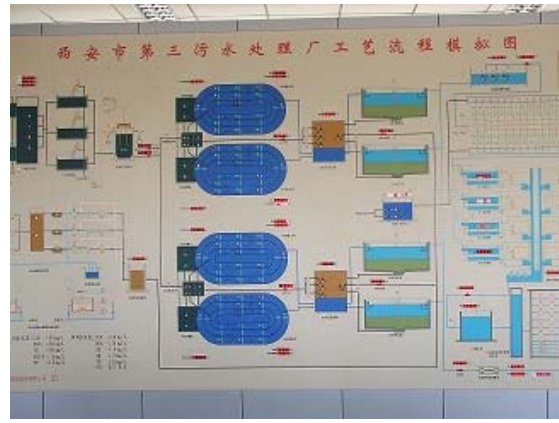
出所：実施機関提供資料

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間には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係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つたため、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、西安市汚水処理有限責任会社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

西安市汚水処理有限責任会社の財務状況は表 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 × 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 処理場に関する浚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	<p>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</p> <p>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</p> <p>排水管網：総延長約117.6km (17区間)</p>	<p>計画どおり。</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>排水管網：総延長約117.6km (17区間)</p>
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元 = 15円	1元 = 13.37円
	(2001年9月現在)	(2002年3月～2010年1月平均)

以上