

0. 要旨

本事業は、陝西省西安市において、下水処理施設、上水管網及び排水路等を整備することにより、市内河川の水質汚濁の改善、衛生的な水の供給及び洪水被害の軽減を図り、もって西安市の水環境改善に寄与することを目的として実施された。本事業は審査時から現在まで中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズと合致しており、妥当性は高い。本事業で整備された設備は順調に稼働し、給水量や下水処理量、汚染物質の削減量、排水路の排水処理能力などの主要指標は、おおむね計画された目標を達していることから、都市部の上下水道、洪水制御の機能を強化するうえで効果的な役割を果たしていると評価できる。その結果、西安市における衛生的な水の供給、水質汚濁の改善、洪水被害の軽減に対しても本事業の貢献が見られることから、有効性・インパクトは高いといえる。なお事業費と事業期間は計画を上回ったため、効率性は中程度となった。持続性については、組織体制ならびに技術能力に大きな問題は見られない。西安市では、上下水道、排水事業への財政支出を安定して続けており、本事業も公益事業として安定した財政補助を受けて運営されているため今後も補助は継続される見通しである。以上から、本事業の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高い。

1. 事業の概要



事業位置図



西南郊地区下水処理場の生物反応池

1.1 事業の背景

中国では 1980 年代以降、急速な経済成長をとげる反面、工業化と人口増加によって環境汚染が進んだ。90 年代後半以降、環境保護政策を強化して一定の成果を上げたものの、工業化と人口増加の想

定以上の進行により、下水処理などのインフラ整備が追い付かず、汚染は依然として深刻なレベルにあった。

西安市は中国の古都であるとともに陝西省の省都であり、2002 年時点で約 700 万人の人口を有し、商工業の発展や都市化によって急速に成長していた。しかし、市の上下水道整備は遅れており、水道普及率は 84%、下水処理率は 37%に留まっていた。また、降雨が集中する 7 月～9 月の雨季においては排水路の未整備からしばしば下水管から汚水があふれて市街地での冠水や排水路の越流などによる洪水被害が発生していた。このような背景下、下水処理施設、上水管網及び排水路等の整備が必要とされ、本事業が計画された。

1.2 事業概要

陝西省西安市において、下水処理施設、上水管網及び排水路等を整備することにより、市内河川の水質汚濁の改善、衛生的な水の供給及び洪水被害の軽減を図り、もって西安市の水環境改善に寄与する。



図 1 西安市と本事業の対象サブプロジェクト位置図

円借款承諾額/実行額	19,564 百万円/18,444 百万円	
交換公文締結/借款契約調印	2005 年 3 月/2005 年 3 月	
借款契約条件	金利	1.5%
	返済	30 年
	(うち据置	10 年)

	調達条件	一般アンタイド
借入人/実施機関	陝西省人民政府/西安市人民政府	
事業完成	2013 年 10 月	
本体契約	- China National General Machinery Engineering Corporation (中国) - China Potevio Co. Ltd. (中国) - Merit Technologies Inc. (中国) - China National Machinery & Equipment Import & Export Corp. (中国) - China National Precision Machinery Import & Export Corp. (中国) - Hubei International Trade Investment & Development Co., Ltd. (中国) /Xinxing Ductile Iron Pipes (Group) Co. (中国) (JV)	
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	F/S (西安市市政設計研究院、中国市政工程西北設計研究院、西安市水利建築観測設計院、陝西省工程咨询公司 2003 年 8 月)	
関連事業	西安上水道整備事業 (1993 年) 西安市環境整備事業 (2001 年) 陝西省水環境整備事業 (陝西省) (2005 年)	

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

百田 颯児 (アイ・シー・ネット株式会社)

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 : 2016 年 7 月～2017 年 10 月

現地調査 : 2016 年 10 月 16 日～11 月 6 日、2017 年 4 月 19 日～4 月 28 日

2.3 評価の制約

審査時には事業の効果として市内河川の水質汚濁の改善、衛生的な水の供給及び洪水被害の軽減が設定されていた。しかし、本事業の直接的な効果としては給水能力の改善、下水処理能力の向上、治水能力の向上と考えられ、市内河川の水質汚濁の改善、衛生的な水の供給、洪水被害の軽減についてはこれらの効果がもたらす波及的なインパクトとして位置づけられる。特に河川の水質は下水道施設整備以外の影響要因にも左右され、本事業の貢献度を把握することは難しい。よって本事業評価では、「給水能力の改善」、「下水処理能力の向上」、「治水能力の向上」を本事業の有効性として位置づけ、「衛生的な水の供給」、「市内河川の水質汚濁の改善への寄与」、「洪水被害の軽減」をインパクトとして評価する。ただし、河川の水質データに関しては西安市政府環境保護局等から得られなかったため、市全体の状況把握は限定的なものとなった。

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

（1）審査時の開発計画との整合性

1）開発計画における上下水道整備事業の位置づけ

中国政府は「第10次5カ年計画」（2001～2005年）において、都市給水能力の向上及び老朽化した給水施設の改良による供給量の増加と水質の向上を課題として位置づけていた。下水処理については、都市部の下水処理率³45%を達成する（人口50万人以上の都市では同60%を達成）という目標が掲げられているほか、「三河三湖」の水質について所定の基準値達成、長江上流、黄河中流、松花江流域の水質改善総合対策に着手することが述べられており、本事業が対象とする下水処理能力の向上を開発課題として位置づけていた。また、給水については地方都市における水道施設の新設や老朽化施設の更新を通じて、給水能力の強化、安全な飲用水の確保、漏水率の減少による水資源の節約等の達成目標を掲げていた。

これを受け、「陝西省第10次5カ年計画」（2001～2005年）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、2005年までに西安市の汚水処理率を50%以上達成する目標を掲げた。上水においては地表水の利用をさらに進め、供給増加と安全な水の確保を目指した。

2）開発計画における治水事業の位置づけ

「第10次5カ年計画」（2001～2005年）では、治水事業発展に関する優先目標として、主要都市及び主要地域における洪水や水害に対する安全を確保し、洪水防止・減災体制を改善することを掲げている。また、同計画期間内に長江を含む7大河川における中・下流の本流、及び主要な支流と湖について、国が定める洪水防御基準の達成を目標とするなど、本事業が対象とする治水能力の向上を開発課題として位置づけていた。これら中央政府の開発方針を受け、陝西省では「第10次5カ年計画」（2001～2005年）を策定し、河川の治水対策事業の推進、ダムの補修補強事業の実施による重要河川と都市の洪水防御能力の向上を目指すことを掲げた。

（2）事後評価時の開発計画との整合性

1）開発計画における上下水道整備事業の位置づけ

「第12次5カ年計画」（2011～2015年）では、環境保護に関する施策として、「第12次5カ年計画の省エネ・排出削減総合活動プラン」（2011～2015年）が策定され、その中で2015年までに都市部の下水処理率を85%にする目標が設定された。また、再生水の利用を奨励するなど環境保護に対する取り組みを引き続き強化している。

これを受け、「陝西省第12次5カ年計画」（2011～2015年）では、下水処理のさらなる向上が目指され、2015年までにすべての県における下水処理場の建設、中程度規模都市における下水処理

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 下水処理率＝処理量／全発生下水量

率 85%、県における下水処理率 80%が目標として掲げられている。

2) 開発計画における治水事業の位置づけ

国家開発計画「第 11 次 5 カ年計画」(2006～2010 年)では主要都市及び主要地域における洪水や水害に対する安全の確保、洪水被害の軽減を掲げ、その後、「第 12 次 5 カ年計画」(2011～2015 年)では、さらなる洪水予防能力の強化を掲げ、この目標を具体化するために、「全国水利発展計画」(2011～2015 年)が策定された。同計画では、黄河を含む大型の河川・湖について、1.大規模河川・湖の整備及び調整池等の建設強化、2.防波堤の建設と河口の総合整備、3.危険性のあるダムや水門の補修・補強等の目標が掲げられた。

これを受け陝西省では「第 12 次 5 カ年計画」(2011～2015 年)を発表し、水道普及率と給水能力の向上によるさらなる給水保障、渭河全区間の河川整備計画の全面的実施による洪水防御能力の向上に向けた、さらなる取り組みが示された。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

(1) 審査時の開発ニーズとの整合性

1) 上下水道に関するニーズ

当時の西安市の水道普及率は 85%と一定のレベルに達していたものの、一部地域では飲用水の国家水質基準を満たさない地下水を水源として用いており、衛生面での影響が懸念されていた。さらに市郊外では上水道の整備による安全な飲用水の確保が遅れており、都市化の妨げになると同時に、健康被害が発生していた。

一方、審査時(2003 年)の西安市内の下水処理率は 37%程度にとどまっており、多くの下水は未処理で放流されていた。その結果、西安市東西に流れる渭河の水質は国家基準を大きく下回り、2001 年には国家水質環境 V 類基準を超え、深刻な水質汚染が続いていた。

以上より、給水能力の改善と下水処理能力の向上が急務であり、本事業は喫緊の開発ニーズに即したものであった。

2) 治水に関するニーズ

西安市では降雨が集中する雨季(7～9 月)においては排水路の未整備から道路が冠水し、しばしば交通麻痺が発生しており、経済発展と保健・衛生面で深刻な被害をもたらしていた。特に 1950 年代に建設された三水路(太平河、開水路、幸福渠)では洪水流下能力が低く、老朽化等が深刻な問題となっており都市の排水や洪水放流量に対応できず大雨が発生する度に水害が発生しており、

⁴ 下水処理率=処理量÷全発生下水量

⁵ 河川や湖などの水質は、地表水環境質量基準(GB3838-2002)により I～V 類に分類されている。

I 類：主に源流の水、国家事前保護区に適用、II 類：主に一級保護区の集中型生活飲用水の水源、貴重な魚類保護区、魚類エビの産卵場所に適用、III 類：主に二級保護区の集中型生活飲用水の水源、一般の魚類保護区及び水泳区に適用、IV 類：主に一般の工業用水区及び人に直接接触しない娯楽用水区に適用、V 類：主に農業用水及び一般の景観に必要な水域に適用。

洪水対策に対するニーズは非常に高かった。

(2) 事後評価時の開発ニーズとの整合性

1) 上下水道に関するニーズ

西安市の 2015 年の給水人口は 450 万人を超え、審査時比で 1.9 倍に人口が増えている。さらに都市の発展に伴い、今後も人口の増加が予測されるなか、水インフラの整備が引き続き必要となっている。表 1 は上下水道インフラの整備状況についてまとめたもので、いずれも年を追って拡大していることが分かる。それでも、西安市では郊外での都市化を計画しており、給水、下水処理能力ともにさらなる向上が求められている。また上述した渭河の水質は審査時の劣 V 類からは改善されたが、いまだに IV 類にとどまっており、引き続き対策の必要性が認められる。

表 1 西安市上下水道概況

	2011 年	2013 年	2015 年
1. 上水			
給水能力 (万 m ³ /日)	197.40	195.52	211.50
給水量 (万 m ³ /年)	38,934	51,372	56,055
給水人口 (万人)	394.10	444.35	463.05
給水管網総長 (km)	2,721.00	3,385.33	4,371.05
水道普及率 (%)	100	100	100
2. 下水			
下水処理能力 (万 m ³ /日)	111.60	153.10	200.60
下水処理量 (万 m ³ /年)	31,512	41,898	57,034
下水管網総長 (km)	4,043.00	4,629.70	4,984.94
下水処理率 (%)	85.90	90.72	91.85

出所：西安市統計年鑑

2) 治水に関するニーズ

事後評価時、排水路整備によって都市の排水や洪水放流はより円滑化され、冠水被害も緩和し都市の治水に対する安全性が確保された。一方、西安市では近年排水管網の整備は進んでいるが、旧市街地ではまだ従来の雨水との合流式も見られ、排水管網の口径が狭いため流下能力が低いといった問題も存在している。また、排水管網の普及率・密度が小さく、一部の地域の排水管網が過負荷で運用しているなど、今後も引き続き治水対策の実施が必要となっている。

下表に西安市の年間平均降水量と最大降水量を示す。年間平均降水量は 2005 年の事業開始以降も記録に大きな変動は見られず、洪水被害に直結する年間最大降水量は、2011 年以降しばしば事業実施前を上回る量が記録されていることから、現在も洪水が発生する蓋然性は高く、その対策の必要性が認められる。

表 2 西安市年間平均・最大降水量

単位：mm

	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
年間平均降水量	541.4	561.6	698.5	525.1	660.3	504.4
年間最大降水量	722.8	600.9	734.9	626.4	846.9	735.4
	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	
年間平均降水量	423.6	426.7	423.9	660.3	551.6	
年間最大降水量	948.0	532.2	535.2	792.4	810.0	
参考 北京の平年値					534.3	

出所：実施機関の質問票回答

このような状況を受け、西安市では現在新たな取り組みとして治水能力全般を高める政策構想を準備しており、引き続き治水に対する開発ニーズは高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時における日本の対中国援助政策「対中国経済協力計画」（2001 年）では、汚染や破壊が深刻になっている環境や生態系の保全の分野を重視する方針を掲げている。また、JICA の「海外経済協力業務実施方針」（2002～2005 年）では、貧困削減への対応の強化や経済成長に向けた基盤整備、環境保全・公害防止などの重点分野の中で、上下水道整備、水資源問題への取り組みの必要性が明示されている。

さらに 2002 年に策定された JICA の「国別業務実施方針」では、水環境、水資源分野への支援が挙げられ、特に下水道整備は民間セクターの活動基盤となる経済・社会インフラとして位置づけられ重要視されていた。上記のとおり、日本の援助政策と本事業には高い整合性が認められる。

以上より、本事業の実施は審査時及び事後評価時ともに中国の開発政策、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 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

本事業のアウトプットの計画と実績は以下のとおり。一部スコープの変更と追加があったものの、当初計画された、事業目的を達成するうえで必要なアウトプットはおおむね予定どおり整備されたと評価できる。

⁶ 本事業実施機関によれば、「スポンジシティ」という、治水能力を高めるインフラ整備構想を検討している。具体的には、雨水を一旦溜め、海綿のように地下に吸収させ、埋設しているパイプラインに排水する仕組み等で構成される総合インフラ整備計画を指す。

表 3 アウトプットの計画と実績

サブプロジェクト	計画 (2005 年)	実績 (2016 年)
都市給水整備	①上水管敷設 260km ②貯水池、配水場、水質測定機器、中央制御システム整備	一部変更あり ①上水管敷設 215km ②貯水池、配水場、水質測定機器、中央制御システム整備
袁楽村下水処理場建設	処理能力 20 万 m ³ /日	計画どおり
西南郊地区下水処理場建設	①処理能力 8 万 m ³ /日 ②下水管敷設 60km	ほぼ計画どおり ①処理能力 8 万 m ³ /日 ②下水管敷設 58.6km
北郊下水処理場建設	①処理能力 10 万 m ³ /日 ②下水管敷設 160km	ほぼ計画どおり ①処理能力 10 万 m ³ /日 ②下水管敷設 159.1km
都市排水管網整備	下水管敷設 231km	ほぼ計画どおり 下水管敷設 ⁷ 230km
西北郊排水路整備	① 排水路整備 43km ② 団結ダム湖水路 ⁸ 整備 12.675km	一部変更と追加あり ① 排水路整備 31.95km(計画比 74%) ② 団結ダム湖水路整備 12.676km ③ 追加：橋梁 3 基、歩道橋 2 本、護岸擁壁、ポンプ、水門
研修	実施機関の職員を対象とした日本での研修 70 人	ほぼ計画どおり 参加職員：本事業実施機関とサブプロジェクト担当の全実施機関 第一期 20 人 第二期 12 人 第三期 25 人 第四期 20 人 合計 77 人 (男性 63 人、女性 14 人)

出所：計画値は JICA 提供資料、実績値は実施機関の質問票回答

都市給水整備では、市西南部の管網が、本事業実施機関の管轄外となり、整備対象から除かれた。その後、都市計画の変更に伴う敷設場所の変更により管轄内の上水管網の総延長は計画時より若干延長したが、結果的に都市給水整備全体としての敷設管網の総延長は減少した。一方、下水処理場、下水管網についてはおおむね計画どおり整備されている。

また、西北郊排水路整備では排水路の総延長が計画比 74%にとどまった。これは都市化の進行に伴い一部の排水路で排水管網との一本化が進み、本事業整備対象から外れたことによる。また、周辺住民の生活利便性と堤頂幅の確保、集落の排水問題解消のため、橋梁や歩道橋などが追加で設置された。

⁷ 市街地は主に第四污水处理場、南郊地域は主に第二污水处理場の処理区内。敷設下水管網は一部地域を除き基本分流式である。

⁸ JICA 提供資料記載

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

審査時における事業費の計画 38,396 百万円（うち外貨 19,564 百万円、内貨 18,832 百万円）に対し、実績値は 45,073 百万円（うち外貨 18,324 百万円、内貨 26,749 百万円）で計画比 117%と計画を上回った。

事業費の主な増加理由は人件費と資材費の高騰による内貨の増額によるものである。特に袁楽村下水処理場建設では 173%、西南郊下水処理場建設では 150%の増額が発生した。本事業の実施機関によると、人件費と資材費の高騰に加えて、用地取得にかかる費用が増えたことによるもので、自己資金からあてることで対応したとのことであった。一方、西北郊排水路整備に関しては一部のアウトプットが本事業からキャンセルされたことにより事業費は計画比の 65%に減少した。

3.2.2.2 事業期間

審査時に計画された事業実施期間 2005 年 4 月～2011 年 10 月（79 カ月）⁹に対して、実績値は 2005 年 4 月～2013 年 10 月（103 カ月）となり、計画比 130%と、計画を上回った。遅れの主な要因は政府内承認手続きの遅れに加え、下水処理場の設置場所変更に伴うものである。各サブプロジェクトの遅延理由は以下のとおり。

表 4 事業期間の遅延理由

サブプロジェクト	遅延理由
都市給水整備	2 年遅れ。関係機関の承認手続きに時間がかかった。また、並行して進められた都市道路建設の遅れにより、上水管の敷設作業に遅れが生じた。
袁楽村下水処理場建設	4 年 10 カ月遅れ。当初予定の処理場建設地に高圧線が通過しているなど、立地上の制約により建設地が変更となったため処理場建設で 2 年 1 カ月の遅れが生じた。さらに処理場建設後に設置された汚泥消化槽の設置に技術的な課題が生じ、設置完了まで、想定以上の時間を費やした。
西南郊地区下水処理場建設	4 年遅れ。事業外で実施された先方政府の道路建設の遅れによる管網作業の遅れ、また、当初の西安市の承認手続きのみを想定していたにも関わらず、実際は市、省、国それぞれの関係機関に調達承認と竣工検収の手続きが必要となったためこれらの手続きに想定よりも時間がかかった。
北郊下水処理場建設	1 年 9 カ月遅れ。郊外の急速な都市化進行により処理場建設予定地を変更する必要性が生じたため。
都市排水管網整備	1 年遅れ。管網の敷設は予定どおり完了したが、並行して進められた道路建設の完了を待って竣工検収が行われたため遅れが生じた。
西北郊排水路整備	10 カ月遅れ。橋梁、歩道橋、水門などのアウトプットの追加によって調整や現地踏査が追加発生したため。

出所：実施機関の質問票回答

3.2.3 内部収益率（参考数値）

給水と下水道事業の財務的内部収益率（FIRR）は、便益に料金収入、費用に事業費と運営・維持管理費、プロジェクトライフは 20 年として計算されていた。

⁹ 全サブプロジェクトにおける竣工検査の完了を本事業の完成の定義としている。

都市給水整備事業の審査時に想定されていた FIRR は 9.5%でこれに対して事後評価時の FIRR はマイナスになった。給水事業は市政府の財政投入を前提とした公益事業として運営しており、事業の料金設定も低い水準に据え置かれている一方、給水コストは審査時から上昇しており、収益性が低下した影響と考えられる。このため事業単体では赤字で運営しており、これを市政府の補助金や営業外収入¹⁰で補てんしている。

一方、下水道事業の FIRR は袁楽村下水処理場建設事業で 4.5%、西南郊地区下水処理場建設事業で 4.8%、北郊下水処理場建設事業で 4.1%の FIRR が想定されていたが、現地調査では各機関から財務データが開示されず FIRR は算出できなかった。

また、都市排水管网整備事業と西北郊排水路整備事業では、便益に洪水被害の減少、費用に事業費と運営・維持管理費、プロジェクトライフは 22～50 年として経済的内部収益率（EIRR）がそれぞれ 14.7%（都市排水管网整備事業）、14.4%（西北郊排水路整備事業）と計算されていたが、事業完成以降の便益計算のために必要な詳細データの確認が困難であったため、EIRR は算出できなかった。

以上より、本事業は事業費、事業期間ともに若干計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性¹¹（レーティング：③）

審査時には事業の効果として市内河川の水質汚濁の改善、衛生的な水の供給及び洪水被害の軽減が期待されていた。本評価ではまず事業の直接的効果として、「給水能力の改善」、「下水処理能力の向上」、「治水能力の向上」という直接的なアウトプットによる効果を測定し、その直接的な効果がもたらす波及的なインパクトとして、市内河川の水質汚濁の改善への寄与、衛生的な水の供給及び洪水被害の軽減を位置づける。

3.3.1 定量的効果（運用・効果指標）

（1）給水能力の改善

審査時に運用・効果指標として設定されていた本事業対象地域の給水量、給水人口、水道普及率の目標値と実績値を表 5 に示す。給水量と給水人口は審査時に設定されていた目標値を達成し、目標値に対して給水量は 120%、給水人口は 133%の達成率である。工業用水のリサイクルや節水器具の普及、住民の節水意識の高まり等を通じて水の利用効率が向上したことにより、給水人口に対して給水量の伸びが若干低い結果となった。

また、本事業と並行して国内での都市開発事業でも管網の整備が進められたことにより、本実施機関が管轄するエリア全域で管網の整備が完了した。これにより、事業完成 2 年後となる 2015 年時点の水道普及率は 95.4%と非常に高く、西安市の給水能力の改善という当初の目標は達成されたといえる。

¹⁰ 主線管網から世帯までの給水管の接続や主線管網の施工に対する収入、地下鉄や道路整備による管網の移設等の工事の委託費などを含む。

¹¹ 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 5 本事業対象地域（西安市市街区）の給水量、給水人口、水道普及率

		基準値	目標値	実績値		
		2003 年	2013 年	2013 年	2014 年	2015 年
		審査年	事業完成 2 年後	事業完成年	事業完成 1 年後	事業完成 2 年後
運用	給水量 (m ³ /日)	696,000	1,323,000	1,492,159	1,493,589	1,591,000
	給水人口 (人)	2,210,000	3,380,000	4,300,000	4,300,000	4,500,000
効果	水道普及率 (%) 注 1	84	92	91.2	91.2	95.4

出所：基準値と目標値は JICA 提供資料、実績値は西安市統自来水会社の質問票回答。

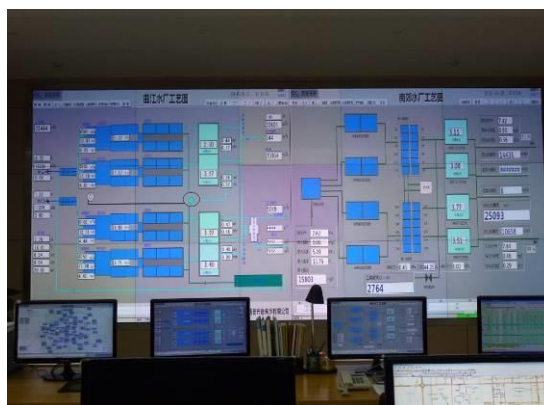
注 1：水道普及率＝給水人口／西安市市街区の人口

水圧や水質など、水供給の安定性も高まっている。本事業の実施機関への聞き取りによると、本事業対象地域における水圧も安定しており、浄水場配水口での平均水圧は 0.5MPa（メガパスカル）、西安市の本事業対象地域における水圧は 0.36MPa とのことであった¹²。また、本事業実施前は夏季には給水制限を行うなど、水供給能力が不足していた。本事業完成後はこうした給水制限は行われておらず、24 時間給水が実現している。

水質については、主な水質にかかる測定値はいずれも国家飲用水基準¹³をクリアしており、安全な水の供給が実現している。



水質測定機器



中央制御室

（2）下水処理能力の向上

下水処理施設の整備に対して審査時に設定されていた目標は市の処理システム全体を想定したものであった。そのため、本事業の評価では、市全体の指標の中で本事業が占める割合をもとに評価した。ただし、運用指標として設定されていた下水処理人口に関しては統計データが公開されて

¹² 日本での一般水道の水圧は地理的条件にもよるが 0.05～1.0MPa の範囲にある。

¹³ 西安市の水質検査体制の信頼性は高く、本事業で水質測定機器が導入されたことにより、国家飲用水基準で指定された 106 の検査項目すべての測定が可能となるなど、水質測定能力も向上した。現在は市内に 40 カ所のオンライン自動モニタリングスポットが設置され、測定データがリアルタイムに実施機関の中央制御室に転送され、水質に問題がないか随時確認している。加えて月 2 回、職員が市内 120 カ所の測定箇所からサンプリング水を収集し水質検査を行っている。

おらず、また、実施機関でも把握していないとの回答であったため、代わりに下水処理量から効果の発現状況を確認した。また、効果指標として設定されていた放流先（渭河）の水質改善状況については、前述のとおり市内河川の水質汚濁の改善としてインパクトの項で分析する。

運用指標の目標と実績は下表に示すとおり。本下水道整備事業では、3カ所の下水処理場で総計38万 m^3 /日の処理能力が整備された。これは本事業完了時点の西安市全体の下水処理能力の約25%、実際の下水処理量では市全体の約20%の下水を処理しており、人口800万を超える西安市の下水処理システムにおいて重要な役割を担っていることが分かる。下水処理率に関しても、並行して実施された各種下水処理事業と合わせ、目標値の76%から92%と大きく向上しており、本事業は西安市の下水処理能力向上において重要な貢献をしていると評価できる。

表 6 西安市の下水処理能力

指標名（単位）		基準値	目標値	実績値		
		2003 年	2010 年	2013 年	2014 年	2015 年
		審査年	事業完成 2年後	事業 完成年	事業完成 1年後	事業完成 2年後
運用	下水処理能力（万 m^3 /日）	/	/	153.1	153.1	200.6
	うち本事業が占める割合	/	/	24.8%	24.8%	18.9%
	下水処理量（万 m^3 /年）	/	/	41,898	47,907	57,034
	うち本事業が占める割合	/	/	19.8%	19.0%	17.2%
	下水処理率（%）注1	37	76	90.72	92.71	91.85

出所：基準値と目標値はJICA提供資料、実績値は西安市統計年鑑と実施機関の質問票回答。

注1：下水処理率＝処理量／全発生活污水量（西安市全体で発生した汚水量）

1）本事業で整備された各下水処理場の稼働状況

本事業の効果を明確にするため、本事業で整備された袁楽村下水処理場、西南郊地区下水処理場及び北郊下水処理場の下水処理量と施設稼働率を下表に示す。事業完成以降の施設稼働率は順調に上昇しており、2015年時点の施設稼働率は袁楽村下水処理場で87.2%、西南郊地区下水処理場で84.7%に達している。

表 7 下水処理場の下水処理量と施設稼働率

		実績値 注1					
		2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
袁楽村下水処理場 (処理能力 20 万 m ³ /日)	下水処理量* (万 m ³ /日)	n/a	13.34	13.77	15.76	17.20	17.44
	施設稼働率** (%)	n/a	66.70	68.85	78.80	86.00	87.20
西南郊地区下水処理場 (処理能力 8 万 m ³ /日)	下水処理量 (万 m ³ /日)	3.30	3.90	4.60	4.70	5.60	6.80
	施設稼働率 (%)	41.30	49.20	57.60	59.10	69.40	84.70
北郊下水処理場 (処理能力 10 万 m ³ /日)	下水処理量 (万 m ³ /日)	0.50	0.70	0.95	2.25	2.17	2.61
	施設稼働率 (%)	5.00	7.00	9.50	22.50	21.70	26.10

出所：実施機関の質問票回答

*下水処理場が受け入れ処理する日平均下水量。

**日平均下水処理量／設備能力

注1：太枠は各事業の完成年。

注2：袁楽村下水処理場の正式稼働年は2011年1月だが、汚泥消化槽の稼働開始は2013年のため、事業全体の完成年は2013年。

注3：西南郊地区下水処理場の正式稼働年は2009年5月だが、管網整備を含む事業全体の完成年は2012年。

一方、北郊下水処理場については事業完成以降増加傾向にはあるものの、2015年の下水処理量の実績は設計能力の30%以下と低い水準にとどまる。実施機関によると、これは都市開発の遅れにともなって市街地から開発対象地域への工場移転が遅れたためとのことであった。西安市では今後2025年までに工場移転を実現する¹⁴計画で、その時点の北郊下水処理場の下水処理量は約9.8万m³/日と予測されている。市の開発計画の中でこれらの工場移転が決められており、移転実現の蓋然性は高いことから、本処理場についても、中期的には当初目標の下水処理量に達する見込みである。

以上から、2処理場の稼働率は8割を超え順調に推移し、まだ下水受入量が計画値に達していない北郊処理場を含めた平均稼働率は7割に達している。加えて北郊処理場の稼働率も近い将来に改善する可能性が高く、全体としては順調な稼働状況と評価できる。

2) 本事業で整備された各下水処理場の放流水の水質

各下水処理場の放流口における水質を下表で示す。放流水の水質に関して、袁楽村下水処理場と西南郊地区下水処理場では2013年から、北郊下水処理場では2015年からは審査時よりさらに厳しい国家一級A基準が適用されている。主要な汚染物質について、処理後の水質はいずれもこの国家一級A基準を超える削減効果を達成している。

¹⁴ 2012年に策定された西安市渭北工業区産業発展計画によると、今後市街地の工場はすべて産業園區に移転される予定であり、2020年までに23社、2025年には34社の工場の移転が予測されている。

表 8 各下水処理場の放流水の水質

単位：mg/l

処理場	放流水の水質 注1	国家基準 注2	実績値 注3					
			2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
袁楽村 下水処理場	COD 濃度	50	-	27.7	24.1	22	21	19
	BOD 濃度	10	-	10	9	7	7	7
	NH ₃ -N 濃度	5	-	1.63	0.91	0.93	0.973	1.054
西南郊地区下 水処理場	COD 濃度	50	27	23	33	25	20	21
	BOD 濃度	10	5	2	2	3	2	2
	NH ₃ -N 濃度	5	1.17	1.01	0.77	0.52	1.218	0.854
北郊 下水処理場	COD 濃度	50	-	-	47.6	33.9	29.0	35.2
	BOD 濃度	10	-	-	14.6	15.5	13.9	8.6
	NH ₃ -N 濃度	5	-	-	4.40	1.21	0.79	0.70

出所：実施機関の質問票回答

注1：COD (chemical oxygen demand) は化学的酸素要求量、BOD (biochemical oxygen demand) は生物化学的酸素要求量、NH₃-N (ammonia nitrogen) はアンモニア性窒素を意味する。

注2：国家一級 A 基準で定められている環境基準値

注3：太字で囲っている年が国家一級 A 基準適用年。実績値は各下水処理場の正式稼働年からの値を示している。国家基準及び実績値は各水質濃度の平均値を示している。

(3) 治水能力の向上

審査時には排水路整備事業の運用・効果指標として破堤または越流による洪水被害の年間発生時間が設定されていた。西安市洪水轄水防止指揮弁公室によると、事業完成以降西安市では1度も洪水被害は発生していない。本事業で整備された排水路は西安市街区全体の排水路の8割を担っており、事業前に洪水被害をもたらしていたのと同程度の降雨が発生していたにも関わらず、これまで大きな洪水被害が発生していないことから、本事業による効果が推定できる。より正確に効果を分析するため、治水能力の向上に対する評価については排水路の処理能力など直接的な機能の整備状況を検証し、想定される効果をもとに評価を行った。具体的には経年の年間最大流量が流下能力¹⁵の範囲内にあるかどうか、また、適切な維持管理が行われているかという点を判断基準とした。

審査時と事後評価時の流下能力は下表に示すとおり。事業実施前、本事業で整備された排水路の流下能力はそれぞれ太平河が 30 m³/秒、開水路が 30 m³/秒、幸福渠が 15 m³/秒であった。事業実施後、これらの流下能力は平均 3.2 倍まで向上しており、著しい改善がみられる。

¹⁵ 洪水を安全に流下させることができる最大流量を指す。

表 9 各排水路の流下能力と流量

単位：m³/秒

排水路	流下能力		流量					
	審査時	評価時	2010 年 完成年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
太平河	30	92						
年最大流量	-	-	61	83	54	66	51	69
流下能力一年最大流量	-	-	31	9	38	26	41	23
開水路	30	66						
年最大流量	-	-	43	64	39	41	38	51
流下能力一年最大流量	-	-	23	2	27	25	28	15
幸福渠	15	69.7						
年最大流量	-	-	36	65	37	43	35	54
流下能力一年最大流量	-	-	33.7	4.7	32.7	26.7	34.7	15.7

出所：実施機関の質問票回答

さらに、上の表では各排水路の最大流量と流下能力との差¹⁶を示している。実施機関によると、三水路が完成した 2010 年より前の流量の値は把握できていないとの回答であったが、事業実施前は市街地で 20～30mm の短時間の大雨が発生するごとに破堤や越流、冠水が発生するなど、洪水被害が生じていたとのことであった。本事業完成以降は年最大流量が流下能力を上回った年はなく、排水が安全に流下していることが分かる。また、妥当性でも述べたとおり、西安市における降水量は計画時から現在まで大きな変化は見られず、現在の標準的な気象条件における越流、破堤といった危険性は大幅に低減していることが確認できた。

本事業で整備された排水路は、維持管理を定期的実施しており、その結果、流下能力等計画された能力を維持していると評価できる。（詳細は 3.5 持続性を参照）。

以上より、洪水被害の軽減を定量的に検討するには制約があるものの、期待した治水能力を有する排水路が整備されたことから、排水路整備に関する効果は高いと評価できる。

3.3.2 定性的効果（その他の効果）

リサイクル効果として、再生水の利用と汚泥の再利用が期待されていた。それぞれの状況は以下のとおり。

（1）処理水の再利用

再生水の利用については検討段階となっており処理水の再利用の実現はまだしていない。西南郊地区下水処理場では、再生水の街路樹への散水用水等への利用を行っており、将来的には下水処理場内で再生水が活用できるよう具体的に技術案を出して検討している段階とのことであった。

¹⁶ 年最大流量が流下能力以下であれば、河川の水が越流することなく安全に流れていることを意味する。

（２）汚泥の再利用

下水処理後の汚泥は処理場で一次処理¹⁷された後、計画どおり外部に委託してすべて再生処理されており、主にタイルやレンガ、堆肥への再利用が進められている。また、袁楽村下水処理場建設事業では本事業の中で汚泥消化槽が設置され、汚泥を利用してメタンガスを生成することで処理場敷地内の熱供給として利用できる環境が整っている。ただし、調査時は攪拌機の故障により消化槽の稼働は2015年末から停止しており、故障原因はまだ調査中とのことであった。



汚泥を運ぶトラック



袁楽村下水処理場の汚泥消化槽

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

本事業のインパクトは衛生的な水の供給、水質汚濁の改善、洪水被害の軽減を通じた、西安市全体的な水環境の改善である。このインパクトについて、本事業が果たした役割を分析する。

（１）衛生的な水の供給

1) 水質

有効性で述べたとおり、本事業を通して上水管網の整備が進んだことで、水道普及率はほぼ100%を達成した。水質はいずれもすべての検査項目において国家飲用水基準を満たしており、水道水として適切であることが証明されている。また、上水管網の整備によって給水範囲が拡大されたことにより、本事業実施以降は西安市内すべての井戸が閉鎖された。これにより衛生的な水の供給が可能となった。

2) 水因性疾患の減少

水関連の疾患の減少と本事業の効果の直接の因果関係を立証することは困難だが、現在まで西安市の水関連の疾患は減少傾向を示している。西安市における肝炎患者数と下痢患者数は、2005年と2015年を比較した場合、人口増加にも関わらず肝炎患者で9,519例、下痢患者で5,890例の減少

¹⁷ 遠心分離機により汚泥の含水率を75～80%まで乾燥させている。

が確認されている。明確には因果関係を証明できないが、本事業による衛生的な水の供給が実現したことで、下痢など水因性疾患の減少につながった可能性がある。

(2) 水質汚濁の改善

本事業は西安市の都市計画の一環として位置づけられており、本事業で整備した下水処理場の処理能力は西安市都市部全体の約 25%を占めるなど、市内河川の水質汚染源の抑制に重要な役割を果たしたと評価できる。本事業実施前は郊外に下水処理場が設けられておらず、ほとんどの汚水が未処理のまま河川に流されていた。本事業によって西南郊と北郊の下水処理場が建設され、郊外に独立した下水処理システムが整備されたことで、本事業は西安市の都市部、郊外双方の河川の水質汚染改善に貢献しているといえる。

本事業の実施によって除去された汚染物質の推定量、ならびに除去された汚染物質量が西安市全体に占める割合は下表のとおり。年間総量に対して、本事業によって削減された汚染物質の割合は、2010～2015 年を平均すると COD で 29.1%、NH₃-N で 22.4%に達している。本事業で整備された下水処理場の処理能力は西安市全体の 2 割を占めており、本事業は市全体の汚染物質削減において、期待以上の結果を示しているといえる。

表 10 汚染物質削減量

	2010 年	2011 年	実績値 注		2014 年	2015 年
			2012 年	2013 年 本事業完 成年		
本事業による COD 削減量 (トン/年)	4,964	32,941	39,013	42,049	41,882	44,993
本事業による NH ₃ -N 削減量 (トン/年)	462	2,421	2,654	2,954	3,065	3,397
西安市の COD 削減量のうち 本事業が占める割合	4.4%	38.9%	48.0%	44.8%	29.3%	23.4%
西安市の NH ₃ -N 削減量のうち 本事業が占める割合	5.4%	26.6%	33.5%	31.4%	22.9%	18.4%

出所：本事業による削減量は実施機関の質問票回答、西安市の削減量は西安市統計年鑑。

注：3 つの下水処理事業すべてが完成したのは 2013 年。

本事業が処理するこれらの汚水は従来、すべて渭河の支流に未処理のまま放出されてきた。陝西省環境保護局によれば、2006 年に劣 V 類であった渭河の水質は、2015 年に IV 類へと改善した。河川の水質には本事業以外の要因にも大きく左右されるため、本事業との厳密な因果関係を見出すことは難しいが、本事業の処理能力が市全体で占める割合の高さも考慮すると、本事業は渭河の水質改善に一定の貢献を果たしていると考えられる。

(3) 洪水被害の軽減

西安市には大きく 5 つの排水システムがあり、西安市市街区の東部地域を除く大半の市街地の雨水と下水は本事業が整備した皂河、開水路、幸福渠で収集されており、この 3 排水路が西安市街地

の排水システムの8割以上を担っている¹⁸。太平河（皂河の支流）、開水路及び幸福渠は市全体の治水システムにおいて非常に重要な役割を担っており、本事業により排水路整備が実施されたことは市全体の洪水被害の軽減という点においても大きな効果をもたらしたといえる。

加えて、市街地の排水管網の整備が進められたことにより、市街地の冠水リスクも大きく低減しており、審査時の2005年当時の西安市市街地の排水管網の洪水防御基準（再来周期）は1.5年に1度（一部地域では3年に1度）から、事後評価時には5年に1度に改善された。

妥当性で述べたとおり、西安市における降水量は計画時から現在に至るまで大きな変化は見られしておらず、現在も洪水被害が発生する危険性は計画時から変わっていない。一方で、排水路と排水管網の整備後は大幅に排水能力が向上し、これまでに越流等の洪水被害は発生していないことから、本事業は西安市全体として洪水被害の軽減にインパクトをもたらしたと評価できる。

洪水被害の軽減に関しては事業完成以降大きな被害が発生していないこともあり、直接的なインパクトを実績として確認することはできなかった。そのため、実施機関からの協力を得て、洪水被害が頻発していたとされる地域の世帯リストから無作為に抽出した住民120名に対する受益者調査¹⁹を行い、排水路整備がもたらした効果について確認した。

受益者調査の結果によると、過去に洪水被害を受けたことがあると回答した70名全員が農地の冠水被害を受けたことがあると回答した。一方、2010年以降の洪水被害に関して、調査対象者120名全員が農地の冠水に関して大幅に改善したと回答し、98%が土石流や地すべり、床上・床下浸水などの被害についても大幅に改善されたと答えた。また、94%は水害への不安が改善されたと回答している。

また調査対象者120名のうち、97%になる116名が周辺河川の環境状況が改善したと回答し、残りの4名はおおむね改善したと回答している。実際に河川の環境改善に関しては実施機関からも水路整備前はかなりの悪臭が発生していたが、現在は悪臭が改善され、水質も良くなってきたため魚も生息するようになっているとの意見が聞かれた。

3.4.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

事業実施前に行われた環境アセスメントでは、全サブプロジェクトにおいて自然環境や生態系への重大な負の影響やリスクは報告されなかった。また、一部の事業で追加されたアウトプットに関しても事前の特段の環境への影響はないことが確認されている。

事業実施前には下水処理場からの臭気の対策として、関係設備は屋内に設置され除臭設備が設置されるなどの対策がとられた。また、西南郊地区下水処理場では工場地の境界に観測地点を設置し、臭気指数の測定が行われており、国家基準で定められた指数以下であることを確認している。加えて、下水処理場ではすべて環境保衛局がオンラインで常時放流水質を監視しており、定期的な訪問検査も行うなど、厳格なモニタリ

¹⁸ 南部、西部、西北部の雨水と下水は全て皂河と太平河に流入し渭河に、旧市街地の雨水と下水は主に團結ダムから開水路を通り渭河に、東北部の雨水と下水は幸福渠を通り渭河に流れている。

¹⁹ 本事業実施前に洪水被害が頻発していた西安市太平河・皂河流域の市街地に位置する沙河灘村と下流域の八興灘村の住民120名（沙河灘村60名、八興灘村60名）に対して訪問調査方式で行われた。回答者は男性77%、女性23%、回答者の年齢は20～29歳3%、30～39歳23%、40～49歳38%、50～59歳33%、60～69歳1%であった。

ング体制が整備されている。地域住民からの苦情なども聞かれておらず、自然環境への特段のインパクトは認められない。

(2) 住民移転・用地取得

1) 住民移転

住民移転は全サブプロジェクトにおいて計画どおり発生しなかった。

2) 用地取得

実績の用地取得面積は223.8haで、計画比で約118%となった。各サブプロジェクトの取得面積をみると、袁楽村と北郊の下水処理場建設でそれぞれ計画比136%、143%に増加した。これは袁楽村で建設用地以外に道路と緑化用の用地取得が発生したこと、また、北郊下水処理場建設予定地の変更により対象地が村の一部を含み村単位での用地取得が必要となった²⁰ことなどから、計画より用地取得面積が増加した。都市給水整備では都市計画の影響で上水管の敷設ルートに変更が生じたことにより、用地取得面積が計画比の800%と大幅に増加した。これら用地取得が発生した全サブプロジェクトで国内法に基づいた事前説明及び補償等手続きが行われ、円滑に取得が進められた。

(3) その他正負のインパクト

本事業で整備された団結湖水路では事業実施前のごみが堆積し、下水があふれる不衛生な環境だったが、本事業によって排水路が整備され、きれいな水環境や景観が改善したことで、現在は市民の憩いの場所となり、国家水利景勝地に指定されている。また、市の取り組みにより生態環境保護の意識向上を目的とした附属施設として、西安水道保持博物館が設置され周辺住民に無料で公開されている。これに対し、実施機関担当者からは、周辺住民の環境保護に対する意識向上に成果をあげているとの声が聞かれた。

また、本事業の訪日研修終了後には西安市と京都市の間で合流式下水管の改善を今後の協力のテーマとして水環境保護分野における交流と提携を継続的に実施することが合意された。これに基づき、2010年と2011年、西安市で京都市の支援を活用した草の根技術協力事業が実施されるなど両市の連携強化につながっている。

以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

審査時の計画では、市政府の委託を受けた西安市基礎施設建設投資管理有限公司（以下、「管理有限責任公司」）が一元的に本事業の調達及び施工管理全体の監督を行っていくとされた。サブ

²⁰ 用地取得対象地となった村は居住地ではなく所有地であり、居住の実態はなかった。

プロジェクトの運営主体については自来水公司や污水处理有限公司等、それぞれ担当実施機関が配置された。事業評価時において、管理有限責任公司是西安市基礎設施建設投資集团有限公司という名称に変更されたが、本事業の主要な担当者は審査時から交代しておらず、継続して実施機関等との連絡・調整、事業の運営・維持管理を行う下部組織の監督を行っており、本事業の実質的な運営に大きな変更はない。サブプロジェクトの実施機関は一部で計画時から組織体制や名称等に変更が生じたものの、各機関とも国営企業としての実質に変更はない。また各実施機関はいずれも民営化の計画はないと回答しており、中長期的にも現在の体制に大きな変化はないと見られる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

(1) 運営維持管理の技術レベル

上下水道とも、サブプロジェクト実施機関は従前から各施設の運用に携わっており、その中で一定の技術や経験を有する人材を優先的に採用している。円借款事業を含む上下水道設備は、採用技術や設備もこれまで中国国内で採用された標準的なもので、西安市の上下水道事業に従事してきた技術者にも運営ノウハウや経験が一定程度蓄積されており、運営維持管理に必要な能力を有すると考えられる。また、技術者・社内向け研修体制も整備されており、運営管理や機械操作等に関する研修や実技訓練、また、研修や訓練終了後には筆記や技能試験が課せられるほか、機械の操作資格の取得が義務づけられるなどしている。技術者間での技術移転も積極的に行われるなど、技術レベルが維持するための仕組みが整えられており、技術レベルに関してはおおむね問題はみられない。

(2) 運営・維持管理のマニュアル整備状況

現地調査では、サブプロジェクト実施機関に対し、運営・維持管理方法やトラブル時の対処法、報告連絡体制などが組織としてルール化され、浸透しているかなどの観点から聞き取りを行った。その結果、すべてのサブプロジェクトで運営維持管理にかかるマニュアルが整備され、職員間の業務への共通認識やマニュアルの理解度もおおむね高いことが確認できた。また、設備の点検記録、水質モニタリングの記録なども保管されており、定期メンテナンスの仕組みが機能していることが確認できた。

以上より、運営・維持管理に必要な職員の技術レベルは確保されており、またメンテナンスの運営維持環境も確立されていることから、本事業の技術面の持続性は高いと考えられる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

下表では西安市の年間予算とそのうち水関連セクターの支出額とその割合を示している。妥当性で示したとおり、事業開始以降も上下水道インフラの整備は継続的に進められており、市の開発における重点分野として投入が続けられてきたことがうかがえる。上下水道事業は公益事業として、主に政府による補助金や支援による財務運営を前提としているが、西安市の財政投入の伸びや規模、水分野への安定的な投入額を踏まえると、現時点で大きな懸念が生じる可能性は低いと推測される。

表 11 西安市財政予算

単位：万元

	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
一般会計	4,945,750	5,974,937	7,298,119	8,195,366	9,172,400
農業、林業、水関連支出 注 1	387,899	451,053	499,357	487,646	566,231
割合	7.8%	7.5%	6.8%	6.0%	6.2%

出所：西安市統計年鑑注 1 水セクターに特化した財政データは確認できなかったため、代替として上記データを採用した。

各事業の財務状況は以下のとおり。

(1) 上水道整備事業

現在の水道料金収入のみでは運営・維持管理費をカバー出来ずやや赤字になるが、表 12 に示すとおり料金回収率は 99.5～99.8%と高く、直近 2 年間の収支では上水道料金収入と営業外収入を含んだ総売上は総支出を上回っており、収支のバランスは取れている。

表 12 収入と料金回収率

単位：万元

	2014 年	2015 年
総収入	94,951	99,110
上水道料金収入	80,460	88,831
営業外収入	14,491	10,279
総支出 注 1	82,958	91,978
料金回収	99.65%	99.68%

出所：実施機関の質問票回答

注 1：運営・維持管理費用、人件費などを含む。

上水道事業は市が公共事業として実施しており、運営・維持管理予算が不足する場合は、市からの補助金が補てんされる事になっているが、その必要性は事後評価時点では見られない。上述した市の安定した財政状況と合わせると、財務面の持続性に問題は見られない。

(2) 下水処理場/排水管網/排水路整備事業

下水処理、洪水防御、都市排水事業は個別の収益事業として運営されておらず、市政府傘下の国有企業が運営・維持管理を行っている。このため実施機関には詳細な財務データは存在しない、あるいは非開示という回答を得た。サブプロジェクト実施機関からの聞き取り調査の範囲では、財務的な運営状況について以下が確認できた。

- 1) 下水料金は上水道料金と合わせて上水会社が徴収しており、徴収率も安定している。
- 2) 西南郊地区下水処理場では下水使用料としての収入はなく、維持管理費のすべてを高新区から補助金として受け取っている。
- 3) 袁楽村と北郊下水処理場では下水道料金収入と補助金を合わせて維持管理費にあてている。

以上を踏まえると、下水道事業全般の財務状況としては、処理事業の直接的な採算性は低いが、運営・維持管理は市政府からの財政補助金を前提としており、安定した財務基盤が維持されている。

と評価できる。

以上、西安市の財政において上下水、排水事業の運営・維持管理に必要な支出の財源は確保されており、実施機関からの聞き取りによると、当面政府による補助が継続されていく見込みであり、運営・維持管理費の持続性に問題は見られない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

事業完成後の各サブプロジェクトの運営・維持管理状況は良好で設備や機材は大きな問題なく稼働している。スペアパーツやメンテナンスのための技術者やサポートについてもすべて国内で調達、対応可能であり、これまで特に問題は生じていないことが確認できた。現地調査では運営管理担当者へのインタビュー調査などを実施し、サブプロジェクトの各設備に関して以下のとおり運営・維持管理が行われていることを確認した。

表 13 運営・維持管理状況

サブプロジェクト	運営・維持管理状況
都市給水整備事業	塩素処理施設、巻上装置、ポンプ、電気設備、浄水池等の定期的なパトロール監視・日常点検が実施されている。運営維持管理を担当する西安市自来水公司内には水質管理部が設置され国家基準で定められた 106 項目の水質測定が行われており、検査結果は水質測定報告書として記録され、環境保護局などの監督機関に報告されている。
袁楽村下水処理場建設事業	日常のメンテナンスや検査、モニタリングなどの業務に関して決められた内容を把握し、共通の認識のもと運営・維持管理が行われている。処理場では毎日サンプリング水を採取して水質測定が実施されている。一部、本事業で設置された汚泥消化槽については攪拌機の故障により 2015 年末から稼働停止していたが、処理場の運営自体に問題は生じていない。
西南郊地区下水処理場建設事業	巡回検査、月 1 度の装置のメンテナンスを基本とした運営・維持管理が実施されている。月に 1 度、処理工法が適切かどうかを検証するため国の指定機関に処理水のサンプルを送り水質測定を依頼している。
北郊下水処理場建設事業	定期的に設備の稼働状況、メーターの水質測定値などの確認のためパトロール監視が実施されている。処理場内の実験室では毎日処理水の水質測定が行われており、測定結果はオンライン計測器のデータと突き合わせされ機器の異常がないかの確認が行われている。
都市排水管网整備事業	月 1 回の各パイプの巡回検査、洪水や降雪時期前のパイプの補強、月 1 度の雨水採取が行われている。
西北郊排水路整備事業	毎日の清掃、月 1 度の設備の巡回検査によるパーツ交換、定期的な水質確認が実施されている。豪雨が発生しやすい時期になると事前に天気予報を確認し、巡回検査の回数を増やして水位等を監視する。巡回中に異常や越流を発見した場合は救援チームを現場に送り、周辺住民に避難勧告が出される。

出所：実施機関の質問票、現地聞き取りによる回答

以上より、本事業の運営・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、陝西省西安市において、下水処理施設、上水管網及び排水路等を整備することにより、市内河川の水質汚濁の改善、衛生的な水の供給及び洪水被害の軽減を図り、もって西安市の水環境改善に寄与することを目的として実施された。本事業は審査時から現在まで中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズと合致しており、妥当性は高い。サブプロジェクトで整備された設備は順調に稼働し、下水処理量、汚染物質の削減量など主要指標も、おおむね計画された目標を達していることから、都市部の上下水道、洪水制御の機能を強化するうえで効果的な役割を果たしていると評価できる。その結果、西安市における水質汚濁の改善、衛生的な水の供給、洪水被害の軽減に対しても本事業の貢献が見られることから、有効性・インパクトは高いといえる。なお事業費と事業期間は計画を上回ったため、効率性は中程度となった。持続性については、組織能力ならびに技術面に大きな問題はみられない。西安市では、上下水道、排水事業への財政支出を安定して続けており、本事業も公益事業として安定した財政補助を受けて運営されているため今後も補助は継続される見通しである。以上から、本事業の持続性は高い。

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

袁楽村下水処理場の汚泥消化槽については、すでに 2015 年末の稼働停止後一定期間が経過しており、設備の劣化が懸念される。機能回復に向けた調整に加え、設備の状態を維持するための短期的なメーカーサポートの依頼など、劣化防止の対策と稼働に向けた短中期の作業計画を早急に検討する必要がある。

4.2.2 JICA への提言

なし

4.3 教訓

円借款を活用した関連政策の拡大による開発効果の向上

有効性で述べたとおり、本事業のサブプロジェクトである西北郊排水路整備では、その後市政府の取り組みにより、事業で建設した排水路（団結湖水路）を活用した附属施設（西安水道保持博物館）が設置された。西安市政府として、円借款のアウトプットを環境改善に向けた関連施策の触媒として活用し、その効果を示すことで、独自資金による関連環境改善事業の継続導入を実現するなど、円借款事業の効果を高める狙いがあったものと考えられる。

円借款事業の投入効果を高めるうえでは、事業の実施機関のインフラや総合的都市開発計画や政策等と整合性が高い案件を形成し、円借款事業の成果が、その後の開発計画の促進につながるように位置づけ、さらなる投入につなげることで、より開発効果を高めるシナリオを検討しておくことが望ましい。

以上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット 都市給水整備	①上水管敷設 260km ②貯水池、配水場、水質測定機器、中央制御システム整備	①上水管敷設 215km ②計画どおり
袁楽村下水処理場	処理能力 20万m ³ /日	計画どおり
西南郊地区下水処理場	①処理能力 8万m ³ /日 ②下水管敷設 60km	①計画どおり ②下水管敷設 58.6km
北郊下水処理場	①処理能力 10万m ³ /日 ②下水管敷設 160km	①計画どおり ②下水管敷設 159.1km
都市排水管網整備	下水管敷設 231km	下水管敷設 230km
西北郊排水路整備	①排水路整備 43km ②団結ダム湖水路整備 12.675km	①排水路整備 31.95km ②団結ダム湖水路整備 12.676km ③橋梁3基、歩道橋2本、護岸擁壁、ポンプ、水門設置
研修	実施機関の職員を対象とした日本での研修 70人	本事業実施機関とサブプロジェクト担当の全実施機関からの職員、合計77人（男性63人、女性14人）
②期間	2005年4月～2011年10月 （79カ月）	2005年4月～2013年10月 （103カ月）
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	19,564百万円 18,832百万円 （1,416百万元） 38,396百万円 19,564百万円 1元＝13.3円 （2004年9月時点）	18,324百万円 26,749百万円 （1,916百万元） 45,073百万円 18,324百万円 1元＝13.96円 （2005年～2013年平均）
④貸付完了	2014年7月	

以上