

0. 要旨

本事業は、水質汚染の深刻な直轄市天津市中心部において、污水处理施設を整備することにより、市内河川の水質改善を図るものである。天津市中心部の污水处理において本事業の果たす役割は大きく、市内河川の水質改善、渤海海域水質への影響という点においても重要性は高い。本事業実施によって、未処理污水が排出されていた河川の水質は改善され、河川周辺の住民の生活環境にも好影響を与えた。

円借款で整備された資産は売却され、事後評価時は天津創業環保集団株式有限公司が所有、経営、運営維持管理を行っている。体制面、技術面、財務面で大きな問題はみられず、本事業の開発目的達成と持続性の観点からも懸念はない。他方、この民営化は天津市政府によって主導されており、競争を用いた手順で売却先を選定する方法が必要だったのではないかと考えられる。

1. 案件の概要



案件位置図



咸陽路污水处理場

1.1 事業の背景

中国では、近年の急速な都市化や生活の向上に伴い、下水排水総量が急増し、地表水の水質が悪化している。河川では特に「三河」（海河、遼河、淮河）が深刻である。中国政府は安全な水源を確保するために、工場排水に対する規制の強化や都市部での下水道整備に重点を置いた施策を実施している。

三河のひとつである海河¹は、天津市域で北運河、南運河、大清河、子牙河、永定河の五河川が合流してなる河川で最終的に渤海に流れ出る。審査当時、天津市域に流入す

¹ 河北省・河南省・山東省・山西省・内モンゴル自治区・北京市・天津市をその流域に含む華北で最大級の河川である。

る河川はひどく汚染され、海河主流では降雨汚水や灌漑用排水が流入し、非雨季には上流からの水の流入がないため、半年以上、国家地表水質基準 V 類²を超過する状況だった。天津市内では海河の汚染を抑制するため、1950 年代末から海河の南北に排水河を開削し、市内中心部には排水系統が形成されていた。しかし近年の生活排水の急増と下水処理能力の不足のため、大量の汚水が未処理のまま排水河や河川に排出されていた。市内水路の水質は国で定められた地表水質基準を満たせないまでに悪化し、関連する一級河川や渤海海域の水質にも悪影響を与えていた。

このような背景のもと、中国政府は天津市の下水道を整備し、市内河川の水質を改善することを決定した。

1.2 事業概要

人口増加と生産活動の拡大が続く天津市において下水処理施設と排水路の整備を実施することにより、天津市内河川（含む渤海）の水質改善を図り、もって天津市民の生活環境の改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	7,142 百万円 / 7,014 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 1.3%（東南郊部分）0.75%（それ以外の部分） 返済 30 年（東南郊部分）、40 年（それ以外の部分） （うち据置 10 年）、一般アンタイド（東南郊部分） 二国間タイド（東南郊以外の部分）
借入人／実施機関 審査時実施主体 評価時実施主体	中華人民共和国/天津市人民政府 天津市排水公司 天津創業環保集団株式会社
貸付完了	2008 年 7 月
本体契約	Tianjin Machinery & Electric Equipment Imp. & Exp. Co., Ltd.(中華人民共和国)
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	F/S 中国市政工程華北設計研究院、天津市市政工程局 1999 年 7 月
関連事業	技術協力「汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善プロジェクト」、その他 ³

² 地表水環境水質基準 GB3838-1988 は、1988 年に国家環境保護局（現国家環境保護部）が施行し、化学的酸素要求量など水質に関わる 30 の指標につき I-V 類に分類している。I 類から V 類の順に水質が悪化する。化学的酸素要求量は V 類 25mg/l 以下と定められている。2002 年に改定された GB3838-2002 では、V 類-40mg/l 以下と、GB3838-1988 よりも緩和されている。

³ 世界銀行借款「解放南路一帯排水工程整備事業」、アジア開発銀行借款「北倉下水処理事業」。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

岸野 優子（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：2010年11月～2011年11月

現地調査：2011年1月9日～1月22日、2011年6月3日、6月9日

2.3 評価の制約

事業目的の達成度を評価する指標データを一部入手することができなかつたため、これについては一定の推測に基づく定性的な評価を行った。有効性の評価にあたっては、サブプロジェクトの稼働状況とともに市内河川の水質改善の度合をもって判断する方針だった。そして現地調査では、事業の効果が及ぶ市内河川を特定し、それらの河川水質の推移と河川水質に影響を及ぼす本事業以外の要因を調査することを計画していた。河川水質データの入手を再三にわたって試みたが、所管の天津市人民政府環境保護局は関連データを提供できない方針を示した。これを受け、サブプロジェクトの稼働状況を中心とし、河川水質改善については受益者調査結果をもとに定性的評価によって補足する方針に変更した¹。

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

（1）審査時の開発政策

中国政府は「国家環境保護第9次5カ年計画及び2010年長期目標」において、「環境汚染と生態系悪化を食い止め、一部都市と地区で環境を改善し、経済発展と環境保全、生態系保全のモデル都市と地区を整備する」ことを目標に掲げた。国家環境保護総局は「海河流域水質污染防治・整備計画」を策定し、安全な飲料水確保するため、天津市を含む海河流域⁴の都市部と農村部において、化学的酸素要求量⁵（以下、CODという）排出量を大幅に抑制することを目標に定めた。これを達成するため、汚染源の工場の排水整備や都市部の污水处理場の建設は重点プロジェクトと位置づけられた。

中国の4大直轄市のひとつである天津市は、第9次五カ年計画において2010年まで

¹本事後評価調査で与えられた期間や費用では統計学的に有意なサンプル調査を実施することは不可能であったため、サンプル数は100と小さく、受益者調査結果は全体を代表するものではない。

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」。

⁴河北、河南、山東、山西、北京、天津の4省2市。

⁵水の汚れの度合いを表す値として用いられ、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。

に下水処理率を 52%から 84.5%へ、下水管網整備率を 55%から 94.5%に改善することを目標に挙げた。中心部では 6 つの排水系統（趙沽里系統、北倉系統、張貴庄系統、咸陽路系統、紀庄子系統、双林系統）の下水道整備を進めることを計画した。

(2) 事後評価時の開発政策

水環境の改善は国家環境保護第 11 次五カ年計画でも重点分野のひとつであり、引き続き都市污水处理プロジェクトに重点を置いた施策が実行されている。天津市は「海河流域水質污染防治規則」(2006－2010 年、2011－2015 年)の中で優先都市に指定された。天津市は、都市污水处理場整備と工場排水整備を進めることによって COD 排出量を大幅に削減することが求められている。

本事業は、天津市中心部に下水処理場を整備し、国家環境保護計画の中でも重点とされる水環境改善を目標とするもので、開発政策との整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

3.1.2.1 天津市の下水道整備のニーズ

審査当時、天津市中心部で污水处理場が整備されていたのは、6 つの処理系統のうち紀庄子系統（紀庄子污水处理場）と趙沽里系統（東郊污水处理場）だけだった。そのほか 4 つの排水系統の生活・工場排水は、海河へ流入することを防ぐため、天津市北部の永定新河や人工的に開削された北塘排水河、南部の大沽排水河に排出されていた。張貴庄系統の東南郊地域には污水管網がなく、污水は外環河を経て海河へ排出されていた。大量の未処理污水は市内河川を経て渤海へ流入し、渤海海域にも深刻な汚染をもたらしており、天津市中心部の下水処理整備は急務であった。

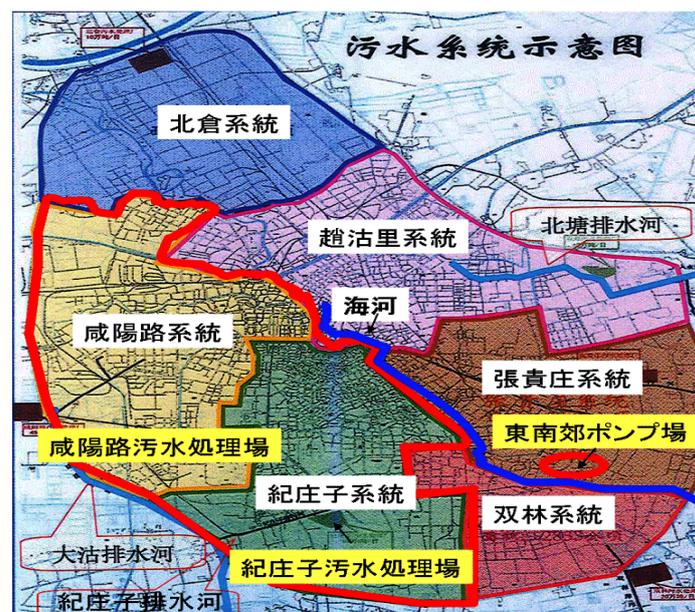


図 1 天津市中心部の污水处理系統地図

注：赤太線で囲まれた区域が本事業の対象である。

3.1.2.2 計画の妥当性⁶

(1) 事業目的、事業目標設定の妥当性

本事業の計画は明瞭さや論理性の点で妥当性に欠けるところがある。JICA 審査時資料には、本事業の目的として「渤海を含む天津市内河川の水質が改善される」と明記され、定量的効果には汚染物質除去に伴い海河の水質も改善されると書かれている。しかし、事業の対象河川が海河なのか、その他の市内河川なのかは明瞭ではなく、水質目標も設定されていない。一方、サブプロジェクトの構造や規模からいえば海河を対象河川にすることは論理的ではない。2つのサブプロジェクトである紀庄子污水处理場と咸陽路污水处理場が対象とする排水系統の汚水は、紀庄子排水河と大沽排水河に排出され、約 70 キロメートル先の渤海に流れ出るという構造で、海河とは地理的につながっていないからである。もうひとつのサブプロジェクトである東南郊ポンプ場建設は海河の水質に影響を与えるが、海河水系の下流に位置する天津市域では上流の影響を大きく受けることを考えると、事業規模からいっても効果は限定的である。さらに、渤海の水質改善もターゲットにしているが、事業地から距離的に離れており、直接効果を期待することは困難である。中国側関係者に聞き取りをしたところ、污水处理場の処理水の水質改善を事業目的と認識しており、日中の中で事業目的に対する認識の相違も明らかになった。

審査時に両国間で事業目的及び対象河川や数値目標といった具体的目標について十分に協議されなかったため、事業計画が曖昧なものとなったと推測される。日本側が意図した河川水質改善状況については、所管の天津市環境保護局が両国間の事業として定期的にモニタリングすることはなかった。結果的に本事後評価でも河川水質データは提供されず、これについて定量的評価を実施することはできなかった。

現在の国際協力機構 (JICA) の評価制度では審査段階の計画と実績の比較が基本となる。事業計画策定にあたっては具体的な目標を設定し、事業目的を適切で明確なものとする、それらを日中双方で合意しておくことが必要だったといえる。

(2) 事業規模の妥当性

審査時、処理規模を紀庄子污水处理場 54 万トン/日、咸陽路污水处理場 45 万トン/日とすることが計画された。後述するように、実際の処理区汚水量は予測ほどには伸びず、天津市の污水处理率が 80%を超えた 2009 年になっても本事業の設備稼働率は 7 割程度に留まる。

これは事業の有効性の問題というよりも、むしろ審査時の予測が過大だったことが原因と考えられる。各污水处理場の処理規模は、汚水量が急増していた 1996 年の汚水量と人口増加予測をもとに算定された。しかし、天津市の水不足や市政府の節水対策によ

⁶審査当時には厳格な事業目標や指標による目標設定は求められていなかったことや、両国間で事業の役割に対する認識が異なるという事情もあるため、計画は妥当性のレーティングには反映させなかった。

り、天津市の汚水量は 1996 年より減少している。特に処理区では水使用量の多い工場を郊外へ移転させるなどの措置をとったこともあって、処理区の汚水量は予測を下回る。汚水処理場に流入する汚水量は、その地域の水資源量や処理計画によって変わることがあるため、より慎重な計画策定が求められるといえる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府は、対中経済協力計画（2001 年）において「環境や生態系の保全、内陸部の民生向上や社会開発、人材育成、制度作り、技術移転などを中心とする分野をより重視する」ことを方針に、「環境問題など、地球的規模の問題に対処するための協力」を最重要課題に位置づけた。海外経済協力業務実施方針（1999 年）でも環境を重点分野に位置づけ、対中国援助方針では市場経済化を促進する中国のバランスの取れた発展を促すための取り組みのひとつとして環境問題を取り上げた。国別業務実施方針では、より具体的に「汚水処理場の整備が遅れ、水質汚濁による安全な水源の減少も問題」との認識のもと、下水道整備等を通じた支援を行う方針を打ち出した。

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 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

紀庄子汚水処理場、咸陽路汚水処理場ともほぼ計画通り実施された。紀庄子汚水処理場では拡張に加え、既存の設備すべてに改造工事が実施され、3つのサブプロジェクト全てにおいて下水管渠が建設された⁷。



図 2 紀庄子汚水処理場反応池



図 3 咸陽路汚水処理場反応池

⁷審査調書には計画として記載されていない。中国側の計画に含まれており、その計画通りに実施された。

審査時計画から変更があったのは、東南郊地域の雨水ポンプ場である。当初計画では沙柳路ポンプ場、黄岩路ポンプ場、躍進路ポンプ場の3カ所を建設することになっていた。後から策定された天津市海河兩岸総合開発計画の新設道路と建設地が重なったため、黄岩路ポンプ場の建設が取りやめになった。同計画確定後の配置見直しと着工を余儀なくされ、中国政府の要請に基づき、JICAは貸付実行期限を2年間延長し⁸、これに対応しようとした。しかし、計画確定に時間を要し貸付実行期限内の建設が間に合わなくなったことがその理由である。結果、雨水の送水能力は減ったが、東南郊は未開発地域で地面の雨水浸透能力が比較的高く、現時点では2カ所のポンプ場のみで対応可能である。同地域の雨水汚染度も低く、たとえ未処理雨水が直接河川に排水されたとしても、水質に大きな影響を及ぼすことはない。今後、同地域の開発状況と必要性に応じポンプ場を建設することになっている。



図4 雨水ポンプ



図5 躍進路ポンプ場

事業完成後に変更があったのは、紀庄子污水处理場である。2009年、処理設備の能力は54万トン/日から45万トン/日に縮小された。2008年、新しく「都市下水処理場汚染物排出基準」GB18918-2002 一級Bが適用され⁹、磷、窒素、アンモニア窒素の基準を満たすために生物学的脱窒などの処理プロセスを追加したことに伴う変更である。処理プロセスの追加には関連装置を設置するスペースが必要になる。敷地を拡大することはできないため、処理設備容量を減らし、処理効果を確保した。天津市政府は、2005年以降、紀庄子系統内の工場を郊外へ移転させて同系統内の工場排水量の調整を行ったり、節水対策を呼びかけて生活用水使用量を減らしたりと、汚水量増加の抑制に努めている。図6のとおり、天津市の汚水量はここ数年横ばいであり、処理能力縮小に伴う影響はない。

⁸ 当初期限の2006年7月27日から2008年7月27日へ変更。

⁹ 「污水総合排出基準」GB8978-1996 二級から変更。

(単位：万トン)

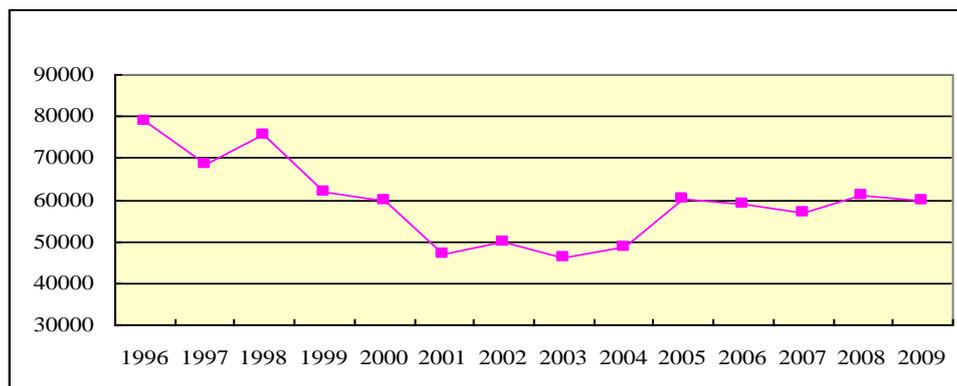


図6 天津市汚水量

出所：天津市環境情報公報

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

総事業費は、当初計画の285億9200万円（うち外貨71億4200万円）に対し、実績は283億2600万円（うち外貨70億1400万円）で、計画内に収まった。東南郊のポンプ場が1カ所キャンセルされ、咸陽路污水处理場の建設費が低く抑えられた一方、紀庄子污水处理場の建設費が脱臭設備などの追加調達により増えたこと、対円で人民元が上昇したことから¹⁰、全体額に大きな違いは出なかった。

3.2.2.2 事業期間

本事業の全体期間は2001年3月～2004年6月（40カ月）の計画に対し、実績は2001年3月～2006年2月（60カ月）で計画を上回った（計画比150%）。サブプロジェクト別では、紀庄子污水处理場が計画比200%、東南郊が計画比181%、咸陽路污水处理場は計画比135%だった。

大幅な超過は、紀庄子污水处理場は工程の変更、東南郊は外的要因に起因する。紀庄子污水处理場では既存設備の改造工事と拡張工事を同時進行することとしていたが、拡張工事に伴う既存設備の稼働制限が想定よりも大きく、污水处理への影響が大きくなることが判明した。拡張工事完成後、改造工事を実施する工程に変更したことが工期延長につながった。東南郊では、上述のとおり、天津海河両岸総合開発改造計画の影響を受けた。海河上流から計画が確定したため、海河下流に位置する東南郊地域の計画はなかなか定まらず、結果的に、着工は4年遅れ、完成は30カ月遅延した。このほか、2003年の重症急性呼吸器症候群（SARS）の影響により機材調達に時間を要したこと、2005年スマトラ沖地震後の影響によって一部の機材の納入が遅れたことも遅延の要因となった。

¹⁰ 審査時計画：1元=13円、評価時：1元=14.3327円。

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。

3.3 有効性（レーティング：③）

3.3.1 定量的効果

2.3 評価の制約で述べたとおり、有効性では汚水処理場の稼働状況を中心として評価することとし、河川水質改善については受益者調査結果をもとに定性的評価を行う。汚水処理場の稼働状況を判断する評価指標としては、設備稼働率、汚水処理量、汚染物質除去量、放流水の水質を用いた。

3.3.1.1 汚水処理場の運用効果指標

(1) 下水処理能力の向上（設備稼働率）

天津市の汚水処理率は51.8%（1999年）から80.1%¹¹（2009年）に達し、天津市の目標をほぼ達成した。審査当時66万トンだった天津市中心部の汚水処理場の日当たり処理能力は、140万トン¹²までに増えた。このうち、本事業で整備された紀庄子汚水処理場と咸陽路汚水処理場が64%を占めており、天津市中心部の下水処理能力の向上に大きく貢献したといえる。

下水処理設備が十分に運用されているかを示す設備稼働率¹³の推移をみると、紀庄子汚水処理場、咸陽路汚水処理場とも事業完成時（2005年）の40%前後から一定の増加傾向にある。ただし、2010年は咸陽路汚水処理場を除いて低下した。これは、2005年に続いて2009年に天津市政府が市全体の工業施設配置計画を見直し、中心部の水使用量の多い工場を郊外に移転させたことと関係している。処理区の汚水量は減り、それが設備稼働率の低下につながった。咸陽路汚水処理場は中心部の外へ処理区を拡大したため、設備稼働率は伸びた。各処理場の状況は次のとおり。

事業実施前、紀庄子汚水処理場の設備稼働率は95%を超え、処理能力のほぼ限界までに達していた。拡張工事が完成し、末端污水管網との接続が進むにつれ、取水範囲は広がり、日当たり汚水処理量は2004年の約25万9000トンから2009年の33万7800トンに増えた。2008年以降双林系統の污水を日当たり3～4万トン受け入れるようになったことや、2009年には処理能力が45万トン/日に縮小されたこともあって設備稼働率は75%まで上昇した。上述したとおり、処理区の汚水量減少により、2010年の設備稼働率は68%に低下した。

¹¹ 天津統計年鑑（2010）。

¹² 紀庄子汚水処理場・咸陽路汚水処理場各45万トン/日、東郊汚水処理場40万トン/日、北倉汚水処理場10万トン/日。

¹³ 日平均処理量/設備能力。

(単位：%)

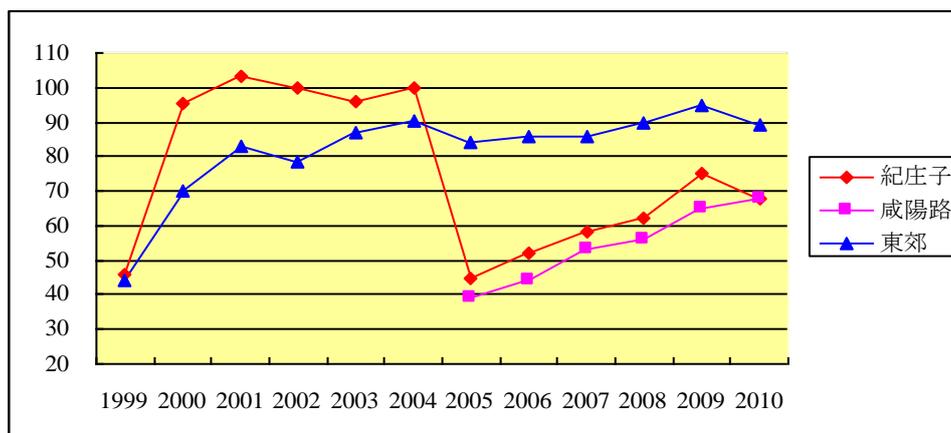


図7 汚水処理場 設備稼働率

咸陽路汚水処理場の1年目の設備稼働率は39%と低い。計画されていた3カ所のポンプ場のうち1カ所(円借款対象外)が完成していなかったため、取水範囲が限定されていたためである。残りのポンプ場が完成した2008年には56%に向上し、以降、天津市中心部の外にある開発区の汚水も処理するようになってからは68%(2010年)までになった。

東南郊地域では、本事業によってポンプ場と下水管網が整備されたことにより、従来の趙沽里系統に加えて張貴庄系統の汚水を東郊汚水処理場へ送水することが可能になった。張貴庄系統の汚水取水面積は約70%から100%へ、東郊汚水処理場の稼働率は2005年の84%から2008年の90%、2009年の95%へ、それぞれ増えた。紀庄子汚水処理場と同様の理由で、2010年の稼働率は89%に減った。

以上のように、本事業実施によって天津市中心部の下水処理能力と汚水取水範囲は大幅に向上した。設備稼働率が7割程度に留まっているのは、天津市政府の節水対策によるところが大きい。2005年に著しい水不足¹⁴に陥って以来、市全体で節水対策を実施している。審査時の計画のベースになった1995~1996年の頃と比較すると、生活用水は1996年の2億3812万トン¹⁵から2007年の1億6920万トン¹⁶へと約29%減り、1日1人当たりの水使用量は1995年の149.1リットル¹⁷から2007年の122.38リットル¹⁸へと約25%減った。中心部では大口需要者である工場を郊外へ移転させ、汚水量増加の抑制に努めてきた。他方、審査時計画では、汚水が大量に発生していた1996年の汚水量—紀庄子系統46.69万トン/日、咸陽路系統39.95万トン/日をベースに、紀庄子系統について

¹⁴天津市の水資源量は2005年10億6300万トンで前年度比マイナス26%、一人当たりでは全国で最低レベル。

¹⁵ 中国統計年鑑(1997)。

¹⁶ 天津統計年鑑(2010)。

¹⁷ JICA 審査時資料。

¹⁸ 天津統計年鑑(2010)。

は人口が 2000 年までに年率 2.3% で増加するとの予測に基づき処理規模を決定した。各処理区の人口のデータは得られなかったが¹⁹、天津市市街区²⁰の過去 11 年間の年平均人口増加率 1.9% と比べても高い値である。

このように予測が過大だったのは事実であり、設備稼働率の低さは污水处理場の処理規模が過大だったことに起因するといえる。妥当性の項で述べたとおり、計画そのもの問題で、汚水量の抑制は本事業の意図—「汚染物質の削減」、事業目的「市内河川の水質改善」につながっていることから、有効性においてマイナスに評価されるものではない。

(2) 污水处理量と汚染物質除去量

本事業実施によって、水質汚濁の原因となる汚染物質がどの程度除去されたか、污水处理量と除去量の目標値と実績値を比較したところ表 1 のとおりとなった。汚染物質には代表的な指標である COD、生物化学的酸素要求量²¹(以下、BOD という)、浮遊物質²²(以下、SS という)を採用した。

表 1 汚染物質除去量 (全体)

	計画(2005)	2年目			3年目			6年目		
		実績 (2006)			実績 (2007)			実績 (2010)		
		除去率	計画比		除去率	計画比		除去率	計画比	
污水处理量 (万 m ³ /日)	99	48.1	—	49%	55.7	—	56%	61.1	—	62%
COD除去量 (t _o /年)	80,600	78,365.3	93%	97%	55,804.2	85%	69%	109,616.4	89%	136%
BOD除去量 (t _o /年)	42,000	33,687.7	95%	80%	29,002.8	90%	69%	48,619.3	96%	116%
SS除去量 (t _o /年)	59,600	49,498.5	98%	83%	35,493.4	94%	60%	79,285.1	95%	133%
除去量合計 (t _o /年)	182,200	161,551.5	—	89%	120,300.3	—	66%	237,520.8	—	130%

出所：天津創業環保集団株式会社

注：除去率は紀庄子污水处理場と咸陽路污水处理場の平均値。

本事業が目標とした年度は 2005 年で、紀庄子污水处理場が目標の完成後 3 年目、咸陽路污水处理場が完成後 2 年目にあたる。二つの処理場を合わせた全体の計画と実績を比較すると、污水处理量は 5 割前後であるのに対し、汚染物質除去量の計画比は 2 年目 89%、3 年目 66% とそれよりも高く、中程度の目標達成である。除去率はいずれも 85% 以上と高い。污水处理量だけを考えるなら、污水处理量が計画値より低ければ、除去量も同様に低くなるが、実際は 2 年目と 6 年目のように除去量がほぼ計画値通りだったり、計画値を超えたりする年がある。これは流入排水の水質の変化によるもので、特に咸陽路処理場では変動が大きい。2009 年以降、同処理場では開発区の工場の排水を受け入

¹⁹ 処理人口はデータをとっていない。処理区分と行政区分も異なるため把握できない。

²⁰ 15 行政区、経済技術開発区、天津鉄工場を含む。

²¹ 水の汚濁指標で特に工場排水などの規制項目の一つとして重要。微生物が水中の有機物を分解するときに消費する酸素量として表され、この値が大きいほど、水の汚れの度合いが高い。

²² 水中に懸濁している不溶解性の粒子状物質のことで、粘土鉱物に由来する微粒子や、動植物プランクトンとその死骸、下水・工場排水などに由来する有機物や金属の沈殿などが含まれる。

れるようになり、2010年の受入排水の水質は大きく悪化、汚染物質除去量の増加につながった。

東南郊のサブプロジェクトについては、張貴庄系統処理区の取水範囲を拡大し、未処理排水を減少させたという点において汚染物質排出量の減少に貢献したといえる。事業実施前、東南郊一帯では、汚水は水路から環状河を経て海河へ、雨水のほとんどが未処理のまま海河へ流されていた。事業実施後、雨水と汚水の分流方式で収集されるようになり、大雨時の雨水を除いてすべて東郊污水处理場で処理されることになった。

(3) 放流水の水質

本事業で処理した放流水の水質は、事業完成時、評価時ともに国家と天津市の「污水総合排出標準」を満たしている。

審査当時適用されていた基準は「污水総合排出基準」GB8978-1996 二級²³だったが、2002年に「都市下水処理場汚染物排出基準」GB18918-2002 二級²⁴が適用されるようになった。事業完成時、紀庄子污水处理場、咸陽路污水处理場とも処理水はこの基準を満たしていたが、2008年にGB18918-2002の一級B²⁵と同等の基準が求められるようになると、円借款事業で整備された設備だけでは全磷、全窒素、アンモニア窒素の基準濃度を満たすことができなくなった。これに対応するため、2009年、生物学的窒素・磷除去法や除磷薬品添加施設などの改造工事を自己資金で開始した。主要工事は2010年末までに終了し、放流水の水質は一級B基準に到達した。

3.3.1.2 水質汚濁の改善

(1) 受益者の河川水質に対する認識

本評価では、事業実施前の咸陽路系統と紀庄子系統の污水排出先である紀庄子排水河と大沽排水河を本事業の効果の及ぶ対象河川とみなした。これらの河川は事業実施後、処理場を源とするようになったため、上流の影響はなく明らかな事業効果を確認できる。

河川水質データを用いた定量的な評価はできないが、咸陽路污水处理場の南、大沽排水河と陳台子排水河が交差する西青区華苑居住区の住民50人を対象とした受益者調査を実施したところ、咸陽路污水处理場によって大沽排水河が改善されたと認識している人が大半を占めることがわかった。張貴庄系統の南郊地域、東麗区崔家碼頭村²⁶の住民50人にも付近河川の水質の変化について受益者調査を実施したところ、本事業による水質改善効果を認識していることが認められた。

西青区華苑居住区の64%、東麗区崔家碼頭村の68%が事業完成後、河川の「非常に

²³ 2006年に国家環境保護総局が、都市の污水处理場のうち重要流域に排水する場合には一級B基準を適用することを発表したことを受け、天津市環境保護局が2008年に天津市地方基準「污水総合排水基準」DB12/356-2008を公布した。汚染物質濃度規定：COD-120mg/l、BOD-30 mg/l、SS-30 mg/l。

²⁴ 汚染物質濃度規定：COD-100mg/l、BOD-30 mg/l、SS-30 mg/l。

²⁵ 汚染物質濃度規定：COD-60mg/l、BOD-20 mg/l、SS-20 mg/l。

²⁶ 東南郊ポンプ場建設地付近に位置し、本事業によって下水管渠が東郊処理場に接続された農村地域。

浄化した」あるいは「少し浄化した」と回答した。西青区華苑居住区では、その理由に「汚水処理場の整備」を挙げた人は66%、「下水道の整備」を挙げた人は44%で、東麗区崔家碼頭村ではそれぞれ47%と約半数が事業の効果を認めた。西青区華苑居住区では事業実施前の河川について「何にも活用できない汚水」とみなしていた人が46%あったが、事業実施後は8%までに減少した。東麗区崔家碼頭村でも28%から0%に減っており、河川に対する認識に変化がみられる。一方、「ほとんど浄化していない」あるいは「あまり浄化していない」と回答した者は西青区華苑居住区では16%、東麗区崔家碼頭村では10%と少数にとどまった。

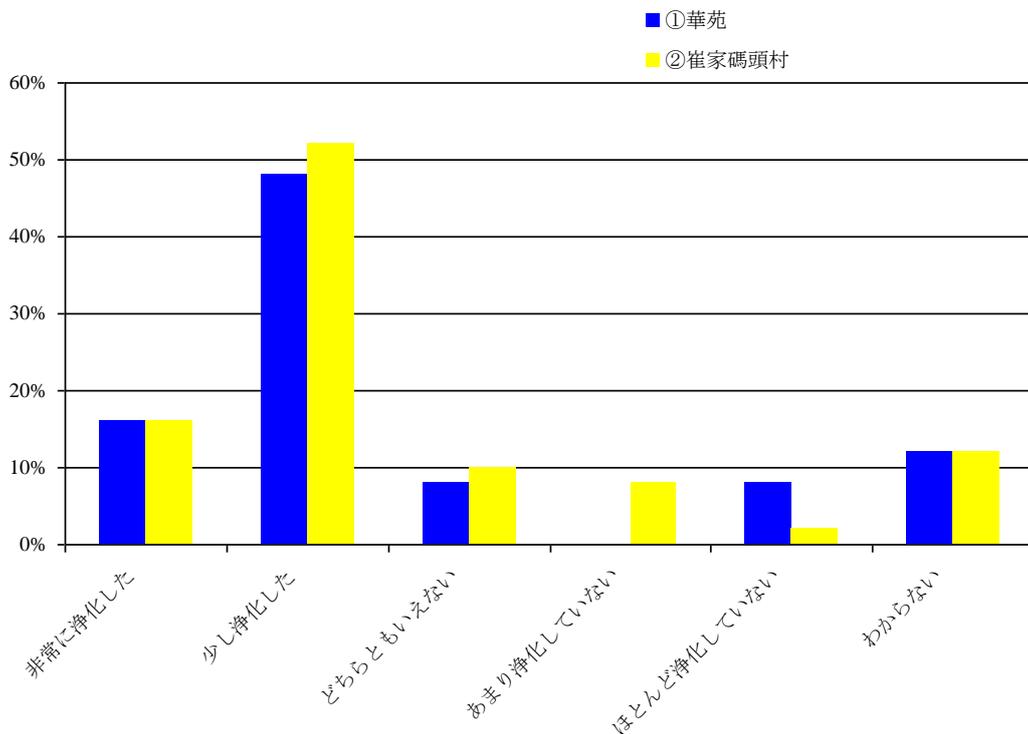


図8 水質の変化

サンプル数が少ないことから受益者調査結果は本事業の受益者を代表するものではないが、事業実施によって一定の水質改善の効果があったことが確認された。なお、天津市一人当たりの水使用量²⁷と処理場の生活排水処理量²⁸から計算すると、本事業の受益者数は約80万人²⁹と推計される。

²⁷ 186.6 m³ (2009年) 出所：天津市統計年鑑。

²⁸ 生活排水67%、工場排水33%。

²⁹ 審査時の想定は196万人。

(2) 渤海の水質

本事業を最上流とする紀庄子排水河は、大沽排水河に合流し渤海に流れ出る。しかし、渤海までは 70 キロメートルの距離があり、対象処理区を離れた区域では生活・工場排水などの影響を受け、本事業以外の水質改善事業の影響をも受ける。このような事情から、事業目的に「天津市内河川（含む渤海）の水質改善」が挙げられているが、本事業の直接効果として渤海の水質改善を期待することはできないし、渤海の水質との関係を検証することも不可能である。参考情報として、その渤海沿岸海域水質の国家地表水分類比率をみたところ、図 9 のとおり、超 V 類は 2000 年の 61% から 2009 年の 42% に減少し、I～III 類は 2001 年に 14.4% まで落ち込んでいたのが 2009 年には 34.4% にまで回復していることがわかった。

(単位：%)

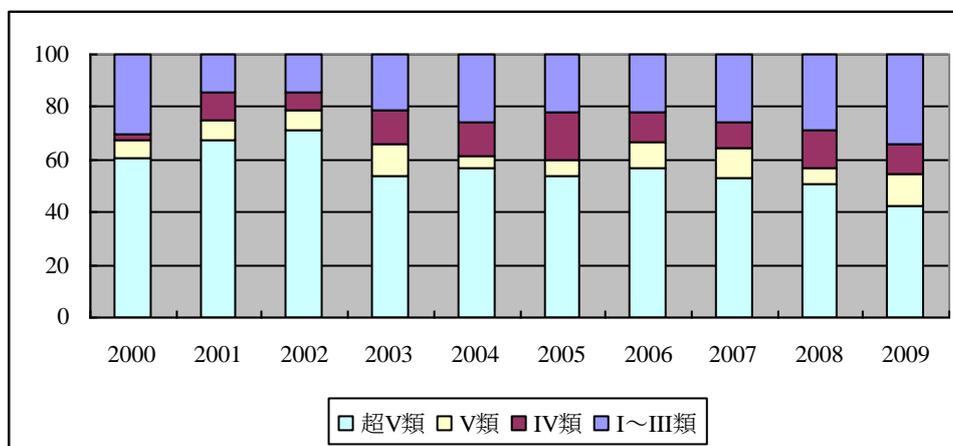


図 9 渤海沿岸海域水質の国家地表水分類比率

3.3.1.3 内部収益率

審査時にプロジェクトライフ 40 年、下水処理収入を便益として、建設費、下水処理費、維持管理費、税金を費用として財務的内部収益率 (FIRR) を計算した結果は、紀庄子污水处理場が 14.5%、咸陽路污水处理場が 1.1% だった。評価時に再計算したところ、両処理場ともマイナスとなった。污水处理量が今後も大きく増加することは見込まれず、設備稼働率は 6-7 割程度が続くと想定される。実際の下水処理の単価は計画時と大きな乖離はなく、この処理量減少による収入の縮小が主な要因である。紀庄子污水处理場では事業費が増えたことも影響した。

以上のとおり、天津市の下水処理能力、污水处理率ともに大幅に向上した。中心部においては本事業が大きな役割を果たしていることも確認された。天津市の汚水量抑制努力により、汚水量は減少傾向にあり、審査時の計画そのものが過大だったため、污水处理量と設備稼働率は計画値を下回る。しかし、汚染物質の除去率は 85~98% と高く、結果的に審査時計画よりも汚染物質排出量は削減され、河川水質改善に大きく貢献した。

事業目的に照らし合わせて、総合的に判断すると有効性は高いといえる。

3.4 インパクト

3.4.1 天津市民の生活環境の改善

本事業実施により、天津市民の生活環境が改善されることが期待されていた。これを確認するため、事業地に近い2カ所（図10の①と②）で河川周辺の住民100人を対象に受益者調査を実施した。調査結果から、水質の改善によって河の周辺の景観が良くなり、害虫や悪臭も減るなど生活圏の環境が良くなったと認識している人が多いことがわかった。河川の利用も進み、生活環境に一定の好影響があったといえる。



図10 受益者調査実施地



図11 陳台子排水河（西青区華苑居住区）

水質の変化が生活に「非常に好影響を及ぼした」または「やや好影響を及ぼした」と回答した者は西青区華苑居住区82%、東麗区崔家碼頭村76%とともに高く、「あまり好影響はない」と回答した者はそれぞれ6%、16%と低かった。

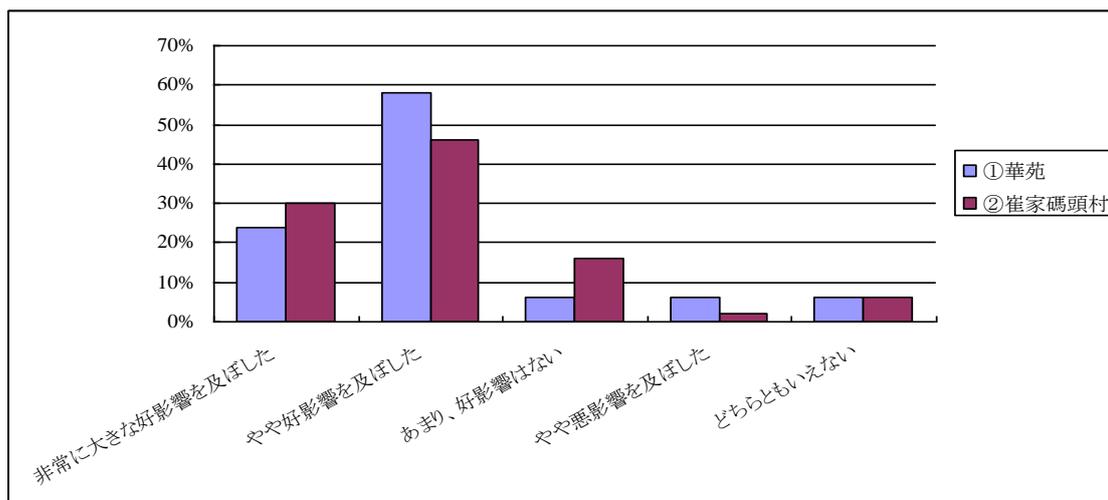


図 12 水質変化の生活への影響

好影響を及ぼしたと回答した者のうち、事業実施後、「景観がよくなった」と回答した者は西青区華苑居住区 72%、東麗区崔家碼頭村 58%で、「悪臭がなくなった」と回答した者は西青区華苑居住区 62%、東麗区崔家碼頭村 46%だった。東麗区崔家碼頭村では「蠅、蚊などの有害昆虫が減った」と回答した者が 42%あり、雨水管整備によって洪水や浸水被害が減ったことがうかがえる。散歩や釣り、遊泳などで水辺を利用している者は、西青区華苑居住区で事業実施前の 30%から実施後の 66%へ、東麗区崔家碼頭村では 16%から 54%へとそれぞれ増加した。東麗区崔家碼頭村では、家庭の下水が市の下水管と接続したことによって「家の周囲が清潔になった」と回答した者が 40%あった。

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

環境対策は、悪臭対策、騒音対策、下水処理過程で発生する副産物の汚泥処理だった。悪臭対策として計画通り緑地帯と隔離帯が設置されたほか、追加的に脱臭設備と一次沈殿池、反応タンクにカバーが設置された。近年の天津市の発展に伴い、紀庄子污水处理場周辺は住宅や学校などが密集し、より高いレベルで「国家悪臭汚染物排出基準」を満たすことが求められるようになったためである。騒音対策としては、騒音・振動軽減装置の設置などの対策がとられた。汚泥処理については、汚泥検査を行ったうえで、基準を満たすものについては農業肥料として再利用することが計画されていたが、再利用は実現していない。脱水処理後³⁰、審査時の埋立て予定地とは別の郊外の場所で埋立て処理している。予定地周辺は 2005 年以降人口が増加し、埋立て処分することができなくなったため、処理場の判断で 2011 年 4 月以降に開始したものである。なお、埋立地に

³⁰ 紀庄子污水处理場では含水率 75%まで脱水処理、咸陽路污水处理場では汚泥のうち半分を含水率 75%まで脱水処理、残りは含水率 10%まで脱水・乾燥処理している。

おける問題の有無については確認できなかった。

これ以外に、処理水の再利用とエネルギーの効率化がインパクトとして想定されていた。処理水は各処理場に隣接する天津中水有限公司の工場で再生され、雑用水、景観用水、工場の処理水として利用されている³¹。汚泥処理過程で発生するメタンガスは、計画通り処理場内の加温用ボイラー燃料として再利用されている。



図 13 汚泥消化槽³²（紀庄子污水处理場）



図 14 汚泥乾燥機（咸陽路污水处理場）

(2) 住民移転・用地取得

本事業実施による用地取得は、紀庄子污水处理場 0.28 ヘクタール、咸陽路污水处理場 67.87 ヘクタール、東南郊 0.8 ヘクタールで、用地取得に要した費用はそれぞれ 102 万元、5300 万元、504 万元だった。住民移転は発生していない。

生活環境改善効果が期待できるのは事業地周辺に限定されると思われるが、受益者調査結果からは本事業が地域住民の生活環境の改善に結びついたことが確認された。その他のマイナスのインパクトもないことから、一定の効果があつたと評価できる。

3.5 持続性（レーティング：③）

本事業の全体を統括する実施機関は天津市人民政府で、審査時に想定された運営維持管理を担う実施主体は天津市排水公司であった。天津市政府の方針により本事業で整備された資産は売却され、評価時の実施主体は天津創業環保集团株式会社となった。

このため、本項では天津創業環保集团株式会社を中心とした持続性の評価を行うとともに、民営化にあたって公正な手続きがとられたか、民営化後も本事業の債権は保全されているか、開発目標達成が確保されているか、についても評価する。

³¹紀庄子污水处理場、咸陽路污水处理場ともに 5 万トン/日の再生水生産能力がある。

³²微生物の働きを利用して汚泥の有機物を減らし、無機物とメタンガスを主成分とする消化ガスに分解する。

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業の実施機関は天津市人民政府であり、水務局が事業の監督を、財務局が財政面のモニタリングを担当している。環境監督機関の環境保護局は、審査時に関与していなかったこともあり、円借款事業としてのモニタリングは実施していない。

実施主体である天津創業環保集団株式有限公司は、2000年に政府の主導によって設立された国有持ち株上場企業³³であり、体制上の問題はない。本社は13部、1室、1研究センター、576人を擁し、再生水生産事業、浄水事業、地方の汚水処理事業を実施する15社を子会社にもつ。本事業を担当する部署は天津水務事業部（372人³⁴）で、天津市中心部の4つの汚水処理場の運営管理を担当している。

3.5.2 運営・維持管理の技術

天津創業環保集団株式有限公司の設立時に天津市排水公司、紀庄子汚水処理場、東郊汚水処理場から職員が異動したこともあって、大半の職員が設立前からの経験者であり、必要とされる資格や技術水準に達した職員が配置されている。蓄積された運営維持管理上のノウハウが活用され、これまでの稼働状況からも適正な技術水準にあると判断される。運営維持管理の業務ごとのマニュアルが整備され、定期的な研修や再試験の制度も確立されており、一定の技術水準を確保する体制がある。下水管渠とポンプ場の維持管理は現在、専門企業に業務委託しており、運営・維持管理の技術上の問題はない。

3.5.3 運営・維持管理の財務

表2の天津創業環保集団株式有限公司の主な財務指標から判断すると、財務面での持続性に大きな問題はないと考えられる。自己資本比率は6割前後と高く、中長期的な安定性を備えている。2009年の流動比率は100%を若干上回る程度だが、当面の資金繰りの安全性は確保されているといえる。天津市下水セクターの持続可能な発展を確保するため、天津市政府100%出資の公益法人である天津市排水公司与天津創業環保集団株式有限公司の間には、30年間の下水処理委託協定が締結され³⁵、基準を満たした下水処理水量に応じて委託金が支払われる仕組みになっているからである。

収益性についても、売上高純利益率は2007年23.1%、2008年26.3%、2009年28.2%と比較的高い水準で年々伸びている。委託金の単価は、汚水処理場の単位当たり運営維持管理費をカバーできる水準に設定され、下水処理料金回収率に関わらず100%の処理費が支払われるようなシステムになっていることが大きい。

³³天津市人民政府傘下の100%国有独資企業である「天津市都市インフラ施設建設投資集団有限公司」が53.6%の株を保有する。

³⁴うち、紀庄子汚水処理場 105人、咸陽路汚水処理場 82人。

³⁵公共面から、企業利益追求のための下水処理料金の不当な値上げを避け、これを適正な水準に保ち、運営維持管理を確実にを行うことを目的として、一定の区域内で排他的な経営を行う方式。

表2 天津創業環保集團株式有限公司の財務指標

	2007年	2008年	2009年
総資本利益率(%)	3.6%	3.5%	4.4%
売上高粗利益率(%)	60.4%	60.6%	59.0%
売上高純利益率(%)	23.1%	26.3%	28.2%
総資本回転率(回)	0.16	0.13	0.16
流動比率(%)	80.9%	90.3%	102.4%
自己資本比率(%)	60.2%	51.2%	61.7%
キャッシュフロー(千元)	80,633	262,440	224,354

出所：天津創業環保集團株式有限公司

3.5.4 運営・維持管理の状況

実施機関と実施主体への聞き取り調査では、安全管理基準、運営維持管理マニュアルに基づき適切に管理されており、大きな問題はないことが確認された。各処理場とも、月間と年間維持管理計画を策定し、これにもとづき設備の保守・点検、スペアパーツを調達し、管理部門が毎月モニタリングを実施している。

咸陽路污水处理場では、調達部品の多くが外国製であるため、部品交換に長期間を要することが課題となっている。重要なパーツを除いて国内製品に順次切り替えているのが現状である。維持管理上のコストや利便性を考慮した機材調達が望まれる。

3.5.5 民営化について

円借款で整備された資産は、2010年12月に正式に天津市排水公司から天津創業環保集團株式有限公司へ売却された。これによって、污水处理場資産の運営維持管理だけではなく、所有権も天津創業環保集團株式有限公司に移り、天津市排水公司是下水処理に関して天津創業環保集團株式有限公司を監督する立場になった。

上述のとおり、天津創業環保集團株式有限公司は体制面、技術面、財務面で大きな問題はみられず、本事業の開発目的達成と持続性の観点からも懸念はない。民営化は天津市政府主導で中央政府の批准を得つつ進められたが、競争入札などのプロセスを用いることがより望ましかったと思われる³⁶。

なお、本事業の転貸契約先は政府100%出資の公益法人天津市排水公司のままであり、借入人は中国政府であることから債権は保全される。

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。

³⁶円借款事業民営化ハンドブックによれば、貸付完了後の円借款事業の民営化プロセスでは、開発目的の達成及び事業の持続性について確認することが求められている。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、水質汚染の深刻な直轄市天津市中心部において、汚水処理施設を整備することにより、市内河川の水質改善を図るものである。天津市中心部の汚水処理において本事業の果たす役割は大きく、市内河川の水質改善、渤海海域水質への影響という点においても重要性は高い。本事業実施によって、未処理汚水が排出されていた河川の水質は改善され、河川周辺の住民の生活環境にも好影響を与えた。

円借款で整備された資産は売却され、事後評価時は天津創業環保集団株式有限公司が所有、経営、運営維持管理を行っている。体制面、技術面、財務面で大きな問題はみられず、本事業の開発目的達成と持続性の観点からも懸念はない。他方、この民営化は天津市政府によって主導されており、競争を用いた手順で売却先を選定する方法が必要だったのではないかと考えられる。

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

咸陽路汚水処理場では、汚泥処理プロセスに乾燥が導入され、発生汚泥の約半分を脱水後乾燥処理している。乾燥後の汚泥の含水率は 10%と極めて低い。含水率の低い汚泥は焼却処分にも有利であり、焼却法は汚泥の減量化、資源化、無害化に有効な方法である。現在、処理後の汚泥は、残りの脱水汚泥とともに埋立て処理されているが、中国国内には同程度の運搬・処理コストで発電所に受入れられ、焼却、混炭燃焼し、その残渣を建築材料として再利用している事例もある。汚泥の再資源化の研究をさらにすすめ、早期に汚泥の資源化を実現することが望まれる。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

複数のサブプロジェクトからなる事業を実施する場合には、期待される効果を、実現可能で測定可能な事業目標として明確化し、事業規模に照らし合わせて現実的な事業目的を設定すべきである。本事業のように汚水処理場建設による河川水質改善を事業目的に挙げる場合には、事業効果が及ぶ範囲の河川を目標設定の対象とすることである。

本事後評価調査では、事業目的について実施機関との間に認識の相違があることが明らかになった。これまで、日本側が意図していた河川水質改善の効果指標はモニタリングされることはなく、本事後評価調査でも河川水質データは提供されることはなかった。

事前から事後までの一貫した管理システムのなかで、科学的で客観的な評価を実施していくためには、評価指標のモニタリング管理が必要である。事業効果を促進するためにもまず、審査段階で事業目的、事業目標に関して十分に協議、合意し、討議議事録に明記しておくことが求められる。

以上

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
<p>①アウトプット</p> <p>1.紀庄子污水处理場 拡張</p> <p>(実績の⑥、⑦は審査調書には記載されていないが、具体的実施機関の聞き取りによれば当初計画に含まれる)</p> <p>2.咸陽路污水处理場 建設</p> <p>(実績の⑥は審査調書には記載されていないが、具体的実施機関の聞き取りによれば当初計画に含まれる)</p> <p>3.東南郊ポンプ場</p> <p>(実績の③、④は審査調書には記載されていないが、具体的実施機関の聞き取りによれば当初計画に含まれる)</p>	<p>① 処理施設能力26万トン/日 から54万トン/日へ拡張</p> <p>② 一次沈殿池2カ所</p> <p>③ 反応池4カ所</p> <p>④ 二次沈殿池8カ所</p> <p>⑤ 汚泥処理施設</p> <p>① 処理施設能力45万トン/日</p> <p>② ポンプ場2カ所</p> <p>③ 一次沈殿池5カ所</p> <p>④ 二次沈殿池10カ所</p> <p>⑤ 汚泥処理施設</p> <p>① ポンプ場新設3カ所</p> <p>② ポンプ場改良1カ所</p>	<p>① 計画どおり (但し、現在は45万トン/日に縮小)</p> <p>② 計画どおり</p> <p>③ 計画どおり</p> <p>④ 計画どおり</p> <p>⑤ 汚泥処理施設 (改造)</p> <p>⑥ 下水管渠9km</p> <p>⑦ 既存設備改造 (一次沈殿池、反応池、二次沈殿池)</p> <p>① 計画どおり</p> <p>② 計画どおり</p> <p>③ 計画どおり</p> <p>④ 計画どおり</p> <p>⑤ 計画どおり</p> <p>⑥ 下水管渠13.8km</p> <p>① ポンプ場 (雨水) 新設2カ所</p> <p>② 計画どおり</p> <p>③ 雨水下水管渠40km</p> <p>④ 汚水下水管渠33.2km</p>
② 期間	2001年3月～2004年6月 (40カ月)	2001年3月～2006年2月 (60カ月)
③ 事業費		
外貨	7,142百万円	7,014百万円
内貨	21,450百万円 (1,650百万円)	21,312百万円 (1,464百万円)
合計	28,592百万円	28,326百万円
うち円借款分	7,142百万円	7,014百万円
換算レート	1元＝13円 (2001年3月現在)	1元＝14.3327円 (2005年12月)