

中華人民共和国

2015 年度 外部事後評価報告書

黒龍江省ハルビン市水環境整備事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 早瀬 史麻

0. 要旨

本事業は、ハルビン市において、下水道施設の整備を行うことで処理能力を向上させ、市内の河川に排出される汚濁負荷の削減、市民の生活改善を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズ、審査時の日本の対中国援助政策と合致しており、妥当性は高い。

本事業による平房、松浦下水処理場は、計画通りの設計能力に建設され、放流水の水質も本事業の目標、国家基準を満たしている。一方で、設計能力に対して、流入する下水量が予測を大幅に下回り、処理場の稼働率が 50%以下にとどまっており、また、松浦下水処理場の中水処理施設は使われていなかった。これは、排水規程の改定により工場での自主処理が進んだこと、市全体の開発計画の建設の遅延により、本事業による下水処理場への流入量が減ったといった外的な要因によるもので、2020 年には都市開発が進み、下水排出量、中水需要とも計画時の水準に達する見込みである。ハルビン市全体では、事後評価時において下水量発生量が審査時の予測の 9 割程度であったが、下水処理量、処理率とも本事業の目標を上回っている。また、ハルビン市内で公共用水域に排出される汚濁負荷量に対して、本事業による削減があり、広範な市内の河川の水質改善に対して本事業の貢献が見られることから、インパクトは高いといえ、総括して有効性・インパクトは設定された目標値を達成しているといえる。なお事業期間は計画内に収まったが、事業費が若干計画を上回ったため、効率性は中程度となった。本事業によって発現した効果の持続性については、運営管理主体の維持管理体制、技術、財務について大きな問題はなく、持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



案件位置図



平房下水処理場の反応槽

1. 1 事業の背景

黒龍江省の省都ハルビン市では、市街区の工業化・都市化が急速に進展し、人口が急増したために工業排水・生活排水が増加していた。一方、2005 年において下水処理率は 60%¹に留まっており、そのため多量の汚水が市内を流れる松花江に未処理のまま流入し、市内の松花江の支流の水質²は飲用可能な水準（III 類）を満たしていないほど悪化していた。このような状況を受けて、ハルビン市は、市環境保護第 10 次五カ年計画（2001 年～2005 年）において、2010 年までに市街地における下水処理率を 90%にし、松花江の水質を III 類に維持することを目標として、水環境改善に取り組む方針を掲げていた。

1. 2 事業概要

黒龍江省ハルビン市で下水道施設の整備を行うことにより、同市における下水処理能力の向上を図り、もってハルビン市内の河川に排出される汚濁負荷の削減を通じた同市住民の生活改善に寄与する。

¹ JICA 提供資料

² 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、国家自然保護区に適用、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および人に直接接触しない娯楽用水区に適用、V 類：主に農業用水および一般の景観に必要な水域に適用。

円借款承諾額/実行額	7,398 百万円／6,883 百万円
交換公文締結/借款契約 調印	2006 年 6 月 / 2006 年 6 月
借款契約条件	金利 0.75%
	返済 40 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	中華人民共和国政府／黒竜江省ハルビン市人民政府
貸付完了	2013 年 12 月
本体契約	・ Beijing Zhonghui United Environmental Engineering Co., Ltd. (中国) ・ China National Precision Machinery Import & Export Corp. (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 ー・スタディ : F/S) 等	・ 環境影響評価報告書 (黒竜江省環境保護科学研究所、ハ ルビン市環境保護研究所 2002 年 8 月) ・ F/S (中国市政工程東北設計研究院及びハルビン市市政工 程設計研究院 2004 年 12 月)
関連事業	【円借款】 ・ 黒竜江省三江平原龍頭橋ダム建設事業 (L/A1996 年 12 月) ・ 黒竜江省松花江流域環境汚染対策 (L/A1998 年 12 月) 【他ドナー】 ・ 信義溝下水処理場建設事業 (アジア開発銀行 L/A2008 年) ・ 信義溝下水截流事業 (アジア開発銀行 L/A2008 年) 【国内資金】 ・ 何家溝総合整備事業 (2010 年事業開始) ・ 馬家溝総合整備事業 (2010 年事業開始) ・ 馬家溝下水截流事業 (2010 年事業開始)



図 1 ハルビン市内の河川と下水処理場の位置

2. 調査の概要

2. 1 外部評価者

早瀬 史麻 (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：2015 年 5 月～2017 年 1 月

現地調査：2015 年 11 月 17 日～11 月 30 日、2016 年 4 月 5 日～4 月 9 日

2. 3 評価の制約

審査時において、本事業で下水道施設を整備する効果は、市内河川の水質改善と設定されていたが、河川の水質は下水道施設整備以外の多数の要因による影響も受けており、広域の河川水質の改善に対して、本事業がどの程度貢献したのかを直接的に把握することは難しい。よって本事後評価では、市内の河川全体の水質変化をインパクトとして位置づけ、それに対する本事業による貢献については、下水処理によって削減された汚濁負荷量とハルビン市全体で水中に放出された汚濁物質に対する割合によって分析する。

本事後評価の調査において、情報提供、ヒアリングといった調査への協力がハルビン

市水務局、市環境保護局等から得られなかった。情報収集は、ハルビン市城市内河建設発展有限公司と各下水処理場から行われたため、市の方針や河川の水質データ等の入手ができず、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：A³）

3. 1 妥当性（レーティング：③⁴）

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

審査時の国家開発計画である「中華人民共和国国民経済と社会の発展第 10 次五カ年計画（2001－2005 年）」では、経済と社会の協調的発展の促進を目指しており、経済的な発展の一方で悪化していた環境の改善を重視していた。下水処理や水質改善に関しては、都市部の下水処理率 45%の達成（人口 50 万以上の都市では 60%）、長江上流、黄河中流、松花江流域の水質改善、さらに主要な汚染物質の総排出量について 2000 年比で 10%削減することが目標とされていた。また、「ハルビン市環境保護第 10 次五カ年計画（2001 年～2005 年）」において、2010 年までに市街地における下水処理率を 90%にし、松花江の水質について III 類を達成・維持することを目標として、水環境改善に取り組む方針を掲げていた。

(2) 事後評価時の開発計画との整合性

事後評価時の開発計画の「中華人民共和国国民経済と社会の発展第 12 次五カ年計画（2011～2015 年）」では、5 つの重点分野のうち、「資源節約・環境友好型社会」において、汚水処理施設を含めた社会インフラの水準を全面的に向上させる目標を掲げている。

上記国家政策に基づき策定された「ハルビン市第 12 次五カ年環境保護計画（2011～2015 年）」では、松花江支流の総合開発計画を進め、これにより松花江の水質を規程の III 類基準を保ち、支流の水質については、基準を達成していない支流をなくし、すでに基準を達成している支流は現状を維持させる方針で、そのために市街地の下水処理率 95%を達成させる目標を提示している。

松花江流域の開発計画である「松花江流域水污染防治計画（2006～2010 年）」に基づき、ハルビン市は既存の 2 処理場（太平、文昌下水処理場）の処理能力強化と、本事業による 2 カ所を含む 7 カ所の下水処理場の建設や管網の整備を行い、下水処理能力を 79.5 万 m³/日に上げる方針を掲げていた。

このように、審査時から継続して、事後評価時においても河川の水質改善や下水処理インフラの建設強化は引き続き国家およびハルビン市における開発計画の重点分野であり、本事業との整合性が十分確保されている。

³ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁴ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

3. 1. 2 開発ニーズとの整合性

審査時のハルビン市の人口は 347 万人に達し、急速な進展により工業排水・生活排水が増加していたが、既存の下水処理場⁵と小規模な処理施設による処理能力は計 67 万 m³/日で、排出される下水（生活排水 49 万 m³/日、工業排水 62 万 m³/日）に対して処理率は 60%にとどまり、下水管網への接続がない地域⁶では汚水が河川に放流されていた。

そのため、ハルビン市は 2020 年までの「下水道施設整備マスタープラン（2005～2020 年）」を策定し、2020 年に予測される人口 415 万人、下水量 229 万 m³/日（うち生活排水 92 万 m³/日、工業排水 137 万 m³/日）に対して、処理能力を 205 万 m³/日、処理率を 90%に引き上げる計画であった。

事後評価時⁷において、市内の企業での自社処理が進んだことから工業排水発生量が 14.3 万 m³/日と予測の 10%程度であったが、一方で、ハルビン市の人口は、マスタープランによる 2020 年の予測を上回る 435 万人に増加し、生活排水は 95 万 m³/日に達した。市全体の下水量 109 万 m³/日に対して、下水処理率は 88%となった⁸が、「ハルビン市政府第 12 次五カ年環境保護計画（2011～2015 年）」の目標 95%（郷鎮を除く市部）を達成しておらず、今後の人口増加も鑑みて、事後評価時においても生活排水量はさらなる増加が見込まれ、下水処理の開発ニーズは引き続き高い。

3. 1. 3 日本の援助政策との整合性

国際協力機構（以下、JICA とする）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・公害防止への支援といった重点分野の中で、インフラ整備による環境への負の影響の回避・軽減のため水質汚濁対策として下水処理施設の整備の必要性を明示している。

さらに、JICA の「国別業務実施方針（2002～2006 年上半期）」では、内陸部を中心とした環境保全および人材育成を重点分野としており、下水道の整備を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ており、その整備は持続的な成長を促すとして重要視していた。

本事業は下水処理施設の建設により、ハルビン市の下水処理能力の強化を図り、河川の水質改善を通じた、都市の持続可能な発展の促進を目指す事業で、上記に示したように環境改善と内陸部の社会開発を実施の方針としている日本の援助政策との整合性が確保されていることが確認できた。

⁵ 文昌下水処理場（32.5 万 m³/日）、太平下水処理場（32.5 万 m³/日）の他、団地や工場が個別に保有する小規模な下水処理施設（合計は 2 万 m³/日）があった。

⁶ ハルビン市の既設下水管は合計 1,103.34 km で、その内訳は、汚水管 52.94 km、合流管 972.60 km、雨水管 77.8 km であった。

⁷ 事後評価の実施は 2015 年であるが、提供された最新のデータは 2014 年のものであった。

⁸ 下水量は中国統計年鑑、下水処理率はハルビン市統計年鑑による 2014 年のデータ。

3. 1. 4 事業計画やアプローチ等の適切さ

本事業の実施による下水処理場は計画通りに完成し、運用・維持管理状況には問題はないが、下水流入量が予測より少なく、稼働率が低い状態が続いている。また、松浦下水処理場の中水処理施設は、審査時に見込まれていた中水の需要が事後評価時点で未だ発生していないため稼働していない。これらの変化は主にハルビン市の都市開発計画の遅延によるもので、今後の都市開発の進展に伴い、需要の拡大が見込まれる。すでに、事後評価時において、平房下水処理場の下流側で地域では都市開発が先行し、この地区の下水を処理している群力下水処理場の能力不足への対策が検討されていた。この開発は、徐々に平房下水処理区に広がっていく見込みであった。一方の松浦下水処理場の管轄地域には政府関係施設や大学等の研究機関の移転が開始され、人口が増加する傾向にあった。この他に下水処理場における下水流入量の減少の要因として、污水排出源であった大規模工場での自社内での排水処理が進んだこともあった。これは中国側の規制強化という自助努力による汚濁負荷源の削減であることから本事業に正のインパクトをもたらしたことになる。

事後評価時において、ハルビン市の開発は引き続き進んでおり、当面この発展傾向が停滞するような明確なリスクや要因は見られない。このことから、中長期的な市全体の下水処理需要は引き続き増加する見込みが高い。ハルビン市の水環境を改善することを目的とした本事業に対するニーズは、中長期的には依然高いと考えられる。

他方、事後評価時において、施設の整備、活用方法と都市計画との整合性がまだ整えられておらず、これら処理場の振替活用など、余剰能力の活用が十分に進んでいないことで、現時点での稼働率は理想的とは言えない。妥当性の評価について、污水处理の中長期的なニーズは依然高いことから、レーティングを減じる状況ではないと考える。ただし、より効果的な施設の活用方法などについて、ハルビン市政府レベルでの対応が検討されるべきであったと思われる。（詳細は、有効性の項目参照）

以上より、本事業の実施は国家、ハルビン市や流域の開発政策、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

(1) アウトプットの計画と実績

平房下水処理場と管線、松浦下水処理場⁹は計画どおりに建設された。松浦下水処理場のポンプ場、幹線（流入、放流、中水供給用）¹⁰の建設は、地中部分の建設を市内の道路建設工事と工期を合わせる必要があったため別の国内資金によって行われ、本事業

⁹ JICA 提供資料では松北下水処理場となっているが、正式には松浦下水処理場である。この処理場の下水処理区の名称は松北区である。

¹⁰ JICA 提供資料では、「管線（排水、污水排放、中水）」と記述されている。

のスコープから外れた。変更の申請は実施機関から JICA に提出され、2008 年 8 月に JICA から正式に承認されている。

実施機関職員等を対象とした研修は、対象人数が 1 人減ったが、審査時に計画された講義や施設見学がほぼ計画通り実施された。

表 1 アウトプットの計画と実績

計画 (2006 年)	実績 (2015 年)
平房下水処理場 CASS 処理法 ¹¹ 、処理能力：15 万 m ³ /日 うち、全量高度処理 遮集幹線 ¹² 900 mm～2,800 mm 約 64 km	計画どおり
松浦下水処理場 CASS 処理法、処理能力：10 万 m ³ /日 うち、3 万 m ³ /日は中水として再利用	計画どおり
松浦下水処理場下水処理区内 ポンプ場 2 カ所 汚水幹線 ¹³ 300 mm～2,000 mm 約 67 km 放流管 ¹⁴ 1,400 mm 約 6 km 中水供給管 ¹⁵ 100 mm～700 mm 約 25 km	別事業の中国国内資金により建設された。
研修 2006 年 10 月 (14 日間) 15 人 2007 年 9 月 (14 日間) 11 人 2007 年 10 月 (14 日間) 10 人 渡航先：新潟県 合計 36 人	研修 2007 年 12 月 (14 日間) 15 人 2008 年 10 月 (13 日間) 10 人 2008 年 11 月 (14 日間) 10 人 渡航先：新潟県 合計 35 人

出所：JICA 提供資料、ハルビン市城市内河建設発展有限公司提供資料

¹¹ CASS 法：活性汚泥法的一种。生物学的に窒素、リン除去が可能で、施設の省スペース化ができる。

¹² JICA 提供資料では「遮集管線」と記述されている。

¹³ JICA 提供資料では「排水管線」と記述されている。

¹⁴ JICA 提供資料では「污水排放管線」と記述されている。

¹⁵ JICA 提供資料では、「中水管線」と記述されている。

3. 2. 2 インプット

3. 2. 2. 1 事業費

審査時の総事業費 14,983 百万円（うち外貨 7,969 百万円、内貨 6,924 百万円）から管網の建設キャンセル分（1,977 百万円）を引いた総額は 12,916 百万円で、実際の総事業費 13,602 百万円（うち外貨 6,883 百万円、内貨 6,719 百万円）と比較すると 105%となり、計画値を 5%超過した。

アウトプット別では、2 処理場の建設費用が平房下水処理場は計画の 139%、松浦下水処理場は 174%と大幅に増え¹⁶、本事業のスコップから外れた管網部の予算が転用された。本事業の運営・維持管理組織によると、建設費が増えた理由は、資材費と人件費の上昇に加えて、監視制御システム導入の費用が増えたため、内貨部分を増額させることで対応した。

3. 2. 2. 2 事業期間

審査時に計画された事業実施期間は 2006 年 7 月～2011 年 4 月（58 カ月）で、事業は計画通りに完成¹⁷した。道路建設と同時進行させるために本事業のスコップから外された松浦下水処理場の管網の敷設工事は約 1 年遅延したが、下水処理場の保証期間の終了前に完成したため、事業は、計画通りの期間で行うことができた。

3. 2. 3 内部収益率（参考数値）

本事業では審査時において、財務的内部収益率（FIRR）のみ計算されていたため、事後評価時において実施機関から提供された運営管理費等の費用および便益の実績値を用いて FIRR を再計算した¹⁸。審査時に想定されていた FIRR は 5.67%となったが、これに対して評価時の FIRR はマイナスの値となった。これは審査時の計画に比べ、事後評価時の下水処理量が少なく、それに応じて支払われる下水処理収入も計画を下回る見込みとなったことによるものである。

以上より、本事業の事業期間は計画内に収まったものの、事業費が計画を上回ったため、効率性は中程度である

3. 3 有効性¹⁹（レーティング：③）

3. 3. 1 定量的効果（運用・効果指標）

審査時に、事業の効果として、ハルビン市の「下水処理能力の向上」と、下水処理場

¹⁶ 審査時の施設別の費用について、期中（2006 年～2011 年）のインフレ率をかけて計算すると、計画値の 120%となり、建設費はそれよりも増加したことになる。

¹⁷ 事業の完成は「保証期間の終了時」と定義されている。建設会社による保証がある期間に相当し、建設完了後の試運転の期間にあたる。

¹⁸ 前提条件は、費用（建設費用、維持管理費）、便益（下水処理料金）、プロジェクトライフ 30 年。

¹⁹ 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。

の「放流水の水質改善」が期待されていた。下水処理能力の向上に対しては、ハルビン市の下水処理率と下水処理人口の目標値が設定されていた。このうち、下水処理率については統計データがあるが、下水処理人口は統計データが公開されておらず、また、実施機関からデータが提供されなかったため、代替手段として、下水処理量から下水処理人口の推定値を算出した。審査時に各処理場についての目標は設定されていなかったが、下水処理量を確認することで、効果の発現状況を確認した。

効果指標となる放流水の水質改善については、各処理場の放流水に含まれる汚濁物質の濃度によって確認した。

(1) 運用指標

1) ハルビン市の下水処理量・処理率、処理人口・普及率

審査時の計画では、事業完成 1 年後（2012 年²⁰）にハルビン市全体で一日に 135 万 m³ の下水排出が見込まれており、その 68% となる 92 万 m³/日进行处理する目標が設定されていた。事業完成以降、事後評価時点まで下水処理量、処理率はいずれも目標値を上回り、効果はおおむね発現しているといえる。他方、事業完成 1 年後（2012 年）の市全体の下水排出量は 120 万 m³/日と、計画時の想定より低くなっている。これは自社処理の開始による工業排水の排出量の大幅な減少や、市開発の遅れにより、下水排出量が予測の 9 割程度にとどまったためである。

また、事業完成 1 年後の下水処理人口、普及率の目標値は、下水量、処理量から推算したところ 317 万人、普及率は 59% であった。これに対し、2012 年の実績値は下水処理人口 398 万人、普及率は 83% と目標を上回っている。

²⁰ JICA 提供資料では、2010 年と記載されていたが、完成の定義「保証期間の完了時」に従うと、完成 1 年後は 2012 年となる。

表 2 ハルビン市の下水処理量と処理率、処理区人口、下水処理人口

	基準 値	目標値 完成 1 年 後	建設 完成	完成 1 年 後	完成 2 年 後	完成 3 年 後
	2004 年	2012 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
下水排出量 (万 m ³ /日)	111	135	115	120	104	109
うち生活排水 (万 m ³ /日)	49	N/A	N/A	N/A	92	95
うち工業排水 (万 m ³ /日)	62	N/A	N/A	N/A	12	14
下水処理量 (万 m ³ /日)	65	90	93	100	90	96
処理率(%)	60%	67%	81%	83%	87%	88%
人口 (万人)	444	540	459	479	418	435
下水処理人口 (万人)	260	317	372	398	361	383
普及率 (%)	59%	59%	81%	83%	86%	88%

出所：基準値と目標値は JICA 提供資料、実績値は下水排出量・処理量、処理率ともハルビン市統計年鑑、市の人口と下水処理人口は処理量から概算した推定値²¹

2) 下水処理場の処理量・処理率と施設稼働率

本事業により、平房、松浦下水処理場は設計どおりに完成し、審査時の計画どおりの処理能力を備えているため、本事業の目指していたハルビン市の「下水処理能力の向上」に対する貢献はできている。ただし、審査時において数値目標の設定はなかったが、実際の処理量²²、稼働率とも設計能力の 20～30% 台に留まり、最大限にその能力が活用されていない状況である。下水処理場での現地踏査時のヒアリングによると、平房下水処理場の稼働率は、夏のピーク時で 67%、冬季は 30% 程度、松浦下水処理場は通年平均 50% 程度、ピーク時にも 70% 以下にとどまっている。

また、審査時の計画では、完成 1 年後の市全体の処理量に対して、本事業による 2 下水処理場の設計能力が 26% であったが、2012 年の本事業の 2 下水処理場の処理量は 6.8 万 m³/日と、市全体の処理量に対して 6.8% 程度と貢献割合は想定を大きく下回った。

これは都市開発の遅れにともなって、2 処理場の下水処理対象区の下水処理需要が想定を下回ったことによるが、一方で、2010 年から強化された排水規制²³により、自社内に排水処理場の建設をする企業が増え、ハルビン市内における工業部門の下水排出量が

²¹ 基準値の処理量を人口で割り、一人当たりの下水発生量として、下水処理人口の推定値を算出した。

²² 目標に対して処理量の達成度については、審査時に処理量の目標値が設定されていなかったため、設計能力に対する処理量の達成度の確認を行った。

²³ 2010 年に「污水排入城镇下水道水质标准 (CZ3082-1999)」が改定され、大規模工場に自社下水処理施設の普及と中水の再利用が進んだ。

減少したという、本事業のインパクトに対しては好ましい要因の影響もあった。

市内の都市インフラの需要を分析している排水設計院は、2040 年までに予測されているハルビン市の下水処理需要に対して、現行の下水処理場の増設工事程度で十分に対応ができるため、新たな下水処理場の建設は不要であると認識している。都市開発の遅れについても、2020 年には、当初計画されていた工業団地の建設が完成する計画で、本事業により建設された 2 下水処理場は、設計能力どおりに活用される見込みである。一方で、事後評価時において、ハルビン市全体の下水処理率が 90%であったことから、ハルビン市全体では、例えば管網の整備を広げ処理区域を拡大させる、下水処理場間での振替を促進させるなどの措置により、本事業による 2 処理場の余剰能力が有効に活用される余地があるとみられる。

表 3 下水処理場の下水処理量、施設稼働率の推移（年間平均値）

	設計能力	建設完成	完成 1 年後	完成 2 年後	完成 3 年後	完成 4 年後
		2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
平房下水処理場						
処理量（万 m ³ /日）	15 万 m ³ /日	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8
施設稼働率		30%	31%	31%	32%	32%
松浦下水処理場						
処理量（万 m ³ /日）	10 万 m ³ /日	0.9	2.1	2.2	2.6	2.8
施設稼働率		9%	21%	22%	26%	28%

出所：ハルビン市城市内河建設發展有限公司提供資料

(2) 効果指標

審査時には、下水処理による水質改善の効果指標として、放流水の生物学的酸素要求量（BOD）濃度の目標値が設定されていた。これらについて完成一年後の実績は、両下水処理場とも目標値を達成しており、以降についても、この効果が維持されている。

表 4 平房下水処理場の水質

		目標値	完成年 1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
		完成 1 年後	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
BOD (mg/l)	入口	200	146.0	136.5	145.0	130.5	129.5
	出口	20	6.2	5.7	6.1	6.7	5.9
	削減率	90%	96%	96%	96%	95%	95%
	基準値	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20

出所：ハルビン市城市内河建設發展有限公司提供資料

表 5 松浦下水処理場の水質

		目標値	完成年 1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
		完成 1 年後	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
BOD (mg/l)	入口	200	127.0	105.0	112.0	129.0	122.0
	出口	20	12.6	12.0	13.3	13.4	14.0
	削減率	90%	90%	89%	88%	90%	89%
	基準値	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20

出所：ハルビン市城市内河建設發展有限公司提供資料

審査時に目標値の設定がなかったが、上記に加えて放流水の化学的酸素要求量(COD)濃度、懸濁物質(SS)、NH₃-N全窒素(T-N)濃度、全リン(T-P)濃度、水素イオン濃度指数(pH)について、平房下水処理場は一級B、松浦下水処理場は二級の基準を満たすことが求められている。JICA 提供資料によると、平房下水処理場はさらに高度な処理を行うことを目標にしていたため、一級Bの基準を目標値としていた²⁴。両下水処理場とも、放流水の水質は全ての汚濁物質について、目標値と国の基準値を達成している。

松浦下水処理場の中水処理施設は本事業で計画された通りの能力を備えた施設が建設されたが、中水を再利用する計画であった工業団地の建設が進んでいないため、評価時には使用されていなかった。そのため、中水の水質の経年データはない。松浦下水処理場の技術者によると、点検の際、排出される中水は国家基準(一級A)を技術的に満たすことができている。この工業団地の建設計画は遅れているが、中水利用の主体であった発電所が2020年までに建設される見込みで、審査時に計画された中水需要量に達する見込みである。

3. 3. 2 定性的効果(その他の効果)

審査時、定性的効果は設定されていなかった。

研修による効果

下水処理場の運営・維持管理者を対象とした訪日研修の参加者によると、研修の効果として、日本の処理場の日常的な運営・維持管理、脱臭システム、汚泥処理方法、環境や住民への騒音等の配慮、日本人の仕事に対する真面目な態度等の理解と習得が挙げられた。運営・維持管理方法、脱臭技術は本事業で建設された両下水処理場に取り入れられている。一方で、日本で見学の対象となっていた下水処理場は旧式の処理場であったため、より進んだCASS法により放流水の水質1級Bレベルの下水処理施設を建設する本事業に対してあまり参考にならなかったと参加者からの回答コメントがあった。

以上のように、本事業を通じたハルビン市の下水処理能力、普及率の向上は概ね達成

²⁴ 城鎮污水处理場污染物排出基準(GB18918-2002)

されたが、都市開発の遅れや工業排水処理にかかる政策の変更といった要因により、本事業により建設された 2 下水処理場への下水流入量が減り、稼働率は設計の 5 割以下、市全体の処理量への貢献も限定的となった。一方で、2 下水処理場の放流水の水質は事業の目標値、国家基準ともに満たすことができている。本事業は事後評価時において、事業目的のハルビン市の「下水処理能力の向上」を達成し、「市内の水質環境の改善」をもたらしていること、2 処理場の処理量、稼働率は、外的な要因を受けて大きく想定を下回っているが、ハルビン市では、都市開発が進み、将来的に需要が増加する中で、本事業による 2 下水処理施設の稼働率も改善が見込めることを考慮して、全体としての効果の発現状況は良好であるといえる。

3. 4 インパクト

3. 4. 1 インパクトの発現状況

本事後評価では、「ハルビン市内の河川に排出される汚濁の負荷削減」と「住民の生活環境改善」がインパクトとして想定されていた。これらについて、市内の河川の水質の変化と本事業の貢献を分析するとともに、受益者調査によって下水処理サービスによる市内の河川環境の変化や、生活の変化について調査を行い、事業による効果の発現状況を確認した。

(1) 市内の河川の水質改善と本事業の貢献

1) 市内の河川の水質改善

ハルビン市環境保護局の公開情報によると、審査時（2004 年）に IV 級であった市内の松花江の水質が、2009 年に III 級に改善されたが、下流側の観測点は III 級と IV 級レベルを交互に繰り返している。ただし河川の水質の変化には、本事業以外の要因が多くあるため、直接的に本事業との因果関係を見出すのは困難である。

2) 観測地点のモニタリングデータ

審査時において、本事業による下水処理場の放流水の観測地点が指定され、データも提供されていたが、事業開始から事後評価時までの実績を示すデータが提供されなかったため²⁵、各断面の河川の水質を定量的に分析することができない。代りに、各下水処理場の放流点の状況を目視により観察した。

平房、松浦下水処理場とも、放流水には悪臭、濁り、ゴミなどの浮遊物は見られず、環境への悪影響を及ぼす要因はみられなかった。松浦下水処理場の放流水は川の水より水温が高く生物が集まるため、住民が排出口付近で投網や釣りを楽しんでいた。

²⁵ ハルビン市環境保護局は、河川の水質等をモニタリングするための観測地点を設置しており、ここでは河川の断面ごとにデータが毎日収集されている。本事後評価の実施にあたり、環境保護局にデータ提供を求めたが、政治的な理由から環境関連データの公表に慎重になっており、データの提供は断られた。



平房下水処理場の放流水排出地点



松浦下水処理場の放流水排出地点

3) 本事業による汚濁負荷量の削減状況

ハルビン市内で公共用水域に排出された汚濁物質（COD、NH₃-N）の総量を、本事業による削減量と比較することで、ハルビン市の水質改善への本事業の貢献度合いを分析する。

年間総量に対して、本事業によって削減された物質の割合は COD が 0.9～4.2%、NH₃-N が 2.3～4.8%に相当し、汚濁負荷量の削減において、一定の貢献がみられる。

表 6 ハルビン市の COD 排出量（単位：万 t/年）

	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
ハルビン市排出量	33.1	31.5	9.3	9.1
うち工業排出量	N/A	N/A	0.7	0.8
うち家庭排出量	N/A	N/A	8.6	8.3
本事業による削減量	0.58	0.29	0.29	0.38
本事業の割合	1.8%	0.9%	3.2%	4.2%

出所：ハルビン市の排出量は中国統計年鑑、実績値はハルビン市城市内河建設發展有限公司提供資料

表 7 ハルビン市の NH₃-N 排出量（単位：万 t/年）

	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
ハルビン市排出量	2.4	2.3	1.5	1.4
うち工業排出量	N/A	N/A	0.11	0.11
うち家庭排出量	N/A	N/A	1.4	1.3
本事業による削減量	0.056	0.054	0.057	0.068
本事業の割合	2.3%	2.3%	3.8%	4.8%

出所：ハルビン市の排出量は中国統計年鑑、実績値はハルビン市城市内河建設發展有限公司提供資料

ハルビン市では、水環境改善に向けた総合的な取り組みとして、環境保護局による厳格な環境モニタリングの実施、大規模工場の自社による排水処理の推奨、河川の汚染源とみなした工場に対する稼働停止措置等を推進している。本事業はハルビン市における総合的な水環境改善に対する中核事業の一つで、市全体の水質環境の改善にも貢献が認

められる。

(2) 受益者調査

「河川の水質改善」と「生活/企業環境の改善」については、住民に対する受益者調査²⁶（60 サンプル）と企業調査²⁷（20 サンプル）を実施し、事業実施前（2005 年）と事後評価時（2015 年）の河川の環境の変化、生活/企業活動環境の変化、下水処理サービスへの満足度を確認した。

1) 受益者調査

受益者調査の結果によると、河川の水質や環境、生活環境について 75%以上の回答者²⁸が改善を認識²⁹しており、下水処理による貢献が見られる。一方、下水処理サービスへの満足度については 83%が満足しているが、「どちらかという不満、不満」という回答が 17%を占めた。理由は主にサービスに関する情報不足や、窓口や電話対応が非効率的で役に立たないといったソフト面に係るものであったが、下水道の普及や水質改善の遅れを挙げる回答も若干含まれていた。



松浦下水処理場で行われた
受益者調査の様子

2) 企業への調査

企業調査の結果によると、下水処理サービスの開始により、企業活動の環境は、排水の流れや、管の詰まりは 85%、衛生環境は 80%の回答者が改善したと回答された。下水処理が開始されたことによる企業の活動への影響について聞いたところ、生産性について「非常に良くなった」と「ある程度良くなった」と回答した企業は 80%、効率性は 55%、企業規模は 55%、投資環境は 50%となり、特に、生産性の向上への貢献が強く認識されている。

²⁶ 受益者調査は、本事業により下水処理サービスが提供されるようになった 2 下水処理場の周辺で河川の近くに住宅がある地域住民 60 人（各処理場 30 名）に下水処理場に集まってもらい調査票に記入をする形式で行った。調査対象者の選定は地区住民委員会に依頼したため、ランダムサンプルにはなっていない。調査の実施に同意し、下水処理場を訪問してくれる世帯に対して調査を行ったことから、協力的な住民のみが調査の対象となり、事業が過大評価されている可能性がある。また、サンプル数が総受益者数（下水処理区人口）に対して少ないため、本事業による受益者全体を代表するサンプルとは言えないが、周辺の環境変化に対して受益者の一定の感想を示すものとする。

²⁷ 平房、松浦下水処理場周辺の下水処理対象となっている企業 20 社（各処理場 10 社）に対して実施した。業種は、農業/林業/漁業 3 社、製造業が 6 社、サービス業が 5 社、建設業 3 社、公共機関等その他 3 社であった。

²⁸ 改善があったと認識している回答者以外は、「変わらない/元々問題はなかった/回答なし」と回答している。受益者へのヒアリングの回答と照会させると、各設問について問題意識がなかった/低かったため、このような選択肢を選んでいた。

²⁹ 有害植物やプランクトンの発生については 55%、大雨の際の浸水は 63%が改善されたと回答しており、悪臭の改善など、他の調査項目より改善されたという認知度が低い。

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³⁰

1) 事業実施中のモニタリング

審査時において、自然環境への負のインパクトは想定されていなかった。本事業による下水処理場の建設・改造工事中には、審査時の計画どおり、ハルビン市環境保護局、観測支隊により、工事現場と処理場のモニタリングが行われた。モニタリングの対象は、排気、粉塵、騒音・振動、廃棄物、排水で、日々のモニタリングの結果は四半期ごとに市環境保護局に報告された。本事業の運営・維持管理組織へのヒアリングによると、建設・改造工事は決められた環境保護基準を順守して行っており、工事中に特に問題は見られなかった。

2) 事業完成後のモニタリング

現地踏査では、下水処理場の流入・放流口には、モニタリング装置が取り付けられていることが確認され、下水処理場の運営・維持管理組織の技術者へのヒアリングによると汚濁負荷量（COD、BOD、SS、T-N、T-P、pH 等）の数値が 24 時間体制で監視されている。この装置は環境モニタリングを専門とする第三者機関が管理しており、計測数値はオンラインで国家環境保護部に送信されている。また、観測機器の精度を確認するため、下水処理場内に設置されている実験室のスタッフが毎日、流入・放流水の水質を検査している他、下水処理場の運営・維持管理組織の技術者へのヒアリングによると市水道局による採水検査が毎月、市環境観測センターによる実地検査が四半期に一度、環境保護局による実地検査が月に一度の頻度で行われている。

下水処理場の運営・維持管理組織の技術者に確認を行ったところ、下水処理場と居住区には「室外排水設計規範」で決められた間隔がとられ、環境の影響が住民の生活圏に及ばないように配慮されている。設計時にポンプなど、騒音の発生源となる設備を地下に設置することで対策がとられ、運転中には、沈殿池を屋内に設置することや脱臭のためのシャワーや鉱物吸着により、悪臭が除去されている。下水処理に伴って発生する汚泥は、含水率 80% まで脱水されたのちに、汚泥処理センターに輸送されて、埋め立て処理されている。事後評価時に、ハルビン市によって新たに建設された汚泥処理センターが試運転中であった。完成に伴い下水処理場等の汚泥処理を開始し、緑化用の土などに加工して再利用する計画であった。

³⁰ 本事業の環境影響調査報告書は 2002 年 11 月にハルビン市環境保護局から承認されている。



松浦下水処理場の水質モニタリング装置



平房下水処理場の汚泥処理施設

3) 市内の河川のモニタリング

ハルビン市環境保護局が市内の河川の水質モニタリングを行なっているが、その方法や具体的な水質のデータは非公開とされているため、入手できなかった。

(2) 住民移転・用地取得

すでに建設用地が確保されていたため、事業に伴う用地取得は、平房下水処理場 0.15 ㎥メートル、松浦下水処理場 0.11 ㎥とわずかな面積で、計画通り取得された。用地は未開発の荒地などであったため、住民の移転は発生しなかった。

(3) その他正負のインパクト

特になし。

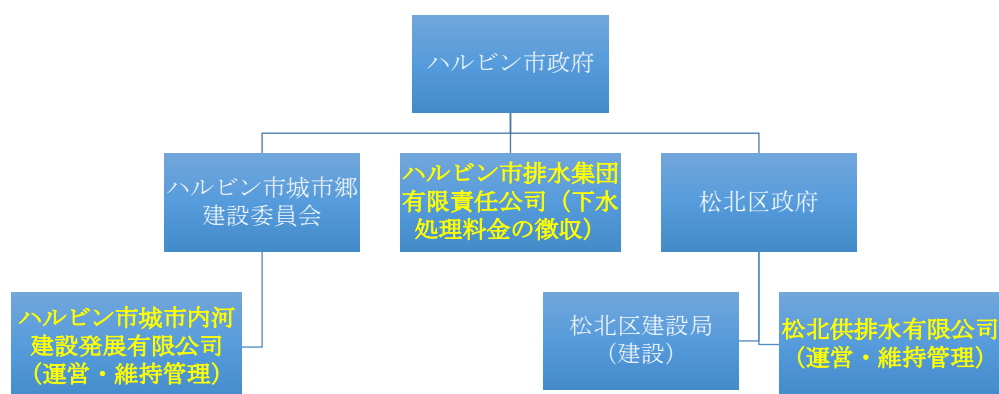
以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

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「ハルビン市城市内河建設発展有限公司³¹」（以下、内河公司とする）が、下水道施設の施工管理、下水場処理施設の建設と下水管網の整備を行い、事業完成後にも、引き続き操業・運営・維持管理を行う計画であった。平房下水処理場は計画通りであったが、松浦下水処理場は、区が設置されたため、松北区建設局が松浦下水処理場の建設と試運転時の運営・維持管理を行い、その後、正式な運用が開始された段階で下水処理場の運営・維持管理業務のために設立された国有企業の「松北供排水有限公司」に移管された。

³¹ 下水道事業、水環境に係る公共事業を担う国有企業（ハルビン市人民政府 100%出資）。



出所：ハルビン市城市内河建設発展有限公司提供資料
 注）政府機関は白字、政府による国有企業は黄色文字で示す。

図 2 事後評価時の運営・維持管理体制

内河公司、松北供排水有限公司とも、組織内の指示命令系統、役割分担も明確になっており、事務・管理担当、各施設や管網等の運行や維持管理を行う技術者、中央制御室の監視や巡回担当、検査技術者など下水処理場の運営・維持管理に必要な人員が配置されているため、運営・維持管理体制に問題はみられない。平房、松浦下水処理場とも、計画時に比べて運営・維持管理に係る職員数は大幅に少ない人員数となっているが、これは場内への監視カメラや水質や水量のモニタリング装置の設置により、中央制御室に管理を集中させる自動化が促進されたためで、本事業の運営・維持管理組織管理に十分な人数が配置されているため、問題はみられない。

表 8 平房下水処理場の職員数 (単位：人)

	計画 (2006 年)			実績 (2015 年)				
	合計	下水処理場	管渠・ポンプ場	合計	技術者	管理	事務	会計
平房下水処理場	146	83	63	37	25	7	4	1

出所：ハルビン市城市内河建設発展有限公司

表 9 松北供排水有限公司の職員数 (単位：人)

	計画 (2006 年)			実績 (2015 年)				
	合計	下水処理場	管渠・ポンプ場	合計	技術者	管理	事務	会計
松浦下水処理場	100	88	12	35	25	4	5	1

出所：ハルビン市城市内河建設発展有限公司

3. 5. 2 運営・維持管理の技術

運営維持管理の技術レベル

計画時には、新設される企業が本事業の運営・維持管理組織となるため、経験不足が懸念されていたが、専門性の高い学部の技術者や、他処理場で経験を積んでいる熟練技術者を採用することで補われ、問題は生じていない。内河公司、松北供配水有限公司とも、新規採用者向けの研修があり、採用後にも毎年、社員全員が複数回の研修を受講することになっており、技術レベルが維持されるようになっている。

両処理場とも、処理場の運行、水質測定機器の日常点検、ポンプ等は定期点検やオーバーホールが行われていることが確認できた。現地踏査では各部署にマニュアル、巡回、点検記録、水質モニタリングの記録も完備されていた。緊急事態発生時の連絡体制は整備されており、対応訓練も行われている。また、平房下水処理場では、大雨や浸水対応の訓練が行われている³²。

以上より運営・維持管理の技術に問題は見られない。

3. 5. 3 運営・維持管理の財務

下水処理場の運営・維持管理費は、下水処理費として市財政局から、内河公司、松北供排水公司を経て、各下水処理場に支払われるが、金額は監査を経て確定された運営・維持管理の実費である。

収入の内訳は主に下水道使用料であるが、料金水準が低めに設定されている³³ため運営維持管理には不十分で、実質的には市の財政予算による補助も含まれている³⁴。ただし、下水処理場は都市の重要インフラ施設とみなされ、市政府機関の一部である国有企業が運営・維持管理を行っており、運営・維持管理の費用に対する市の補助は確約されている³⁵。そのため、資金不足による稼働停止などの事態が生じることはない。また、国家レベルの開発計画においても水質改善は重要課題で下水処理への予算の振り分けも優先的に行われる。今後もその位置づけは変わらない見込みであることから、運営維持管理費の確保に問題が生じることは予見されない。下水道使用料金は運営・維持管理費として不十分であるが、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

現地踏査によって、平房、松浦下水処理場とも運営・維持管理状況は良好であることが確認できた。平房は汚泥処理施設の定期点検、松浦下水処理場は場内外の地下埋設配

³² 松浦下水処理場の処理対象区は、雨水との分流化が 100%であるため、大雨による浸水が脅威とはなっていない。

³³ 下水道使用料は地方政府が公聴会によって決めるため、低めに抑えられている。受益者調査では、家計に占める割合は平均 0.9%であった。

³⁴ 市による補助金の割合については、本事業の運営・維持管理組織からの回答が得られていない。

³⁵ ハルビン市政府の財源に関する情報は、市からの提供が得られなかった。

管・管網の改修が行なわれていたが、いずれも本事業で計画された機能が発揮できる状態に保たれていた。場内は整理整頓も行き届いており、マニュアル、メンテナンス、点検、巡回記録も完備しており、記録によると、施設に異常が見られた場合の報告、修理、部品交換などの対応が迅速に行われていた。両下水処理場とも停電時に備えて、流入・放流水用のポンプを稼働させる発電機（8時間稼働可能）を備えている

両処理場とも、維持管理計画が策定され、設備の更新・改修も計画に従って行われている。汚泥の遠心脱水機や場内の配電盤など、一部、外国製のものが導入されているが、パーツは近隣の代理店で確保されるため、入手に問題は生じていない。

事後評価時の両処理場とも、稼働率は5割以下であった。松浦下水処理場の中水処理施設は計画どおりに建設されたが、中水を再利用する計画であった工業団地の建設計画が進んでいないため、評価時には使用されていなかった。本事業の運営・維持管理組織によると、稼働率は低いものの、処理場の施設は需要があれば即対応できるように十分なレベルでメンテナンスがされており、市の開発計画によって2020年には、稼働率、中水使用量とも審査時の計画の水準に上がる見込みである。

以上より、本事業の体制、技術、財務、運営・維持管理状況ともに問題なく、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、ハルビン市において、下水道施設の整備を行うことで処理能力を向上させ、市内の河川に排出される汚濁負荷の削減、市民の生活改善を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズ、審査時の日本の対中国援助政策と合致しており、妥当性は高い。

本事業による平房、松浦下水処理場は、計画通りの設計能力に建設され、放流水の水質も本事業の目標、国家基準を満たしている。一方で、設計能力に対して、流入する下水量が予測を大幅に下回り、処理場の稼働率が50%以下にとどまっており、また、松浦下水処理場の中水処理施設は使われていなかった。これは、排水規程の改定により工場での自主処理が進んだこと、市全体の開発計画の建設の遅延により、本事業による下水処理場への流入量が減ったといった外的な要因によるもので、2020年には都市開発が進み、下水排出量、中水需要とも計画時の水準に達する見込みである。ハルビン市全体では、事後評価時において下水量発生量が審査時の予測の9割程度であったが、下水処理量、処理率とも本事業の目標を上回っている。また、ハルビン市内で公共用水域に排出される汚濁負荷量に対して、本事業による削減があり、広範な市内の河川の水質改善に対して本事業の貢献が見られることから、インパクトは高いといえ、総括して有効性・インパクトは設定された目標を達成しているといえる。

なお事業期間は計画内に収まったが、事業費が若干計画を上回ったため、効率性は中

程度となった。本事業によって発現した効果の持続性については、運営管理主体の維持管理体制、技術、財務について大きな問題はなく、持続性は高い。

以上より、本プロジェクト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

下水処理能力の余剰分の活用促進

本事業で建設された2下水処理場は設計能力通りに建設されたものの、事後評価時において、稼働率は大幅に設計能力を下回った。これは主に都市計画の遅れや、規制強化により大規模排出源であった工場による社内処理が進んだことで、下水処理場に流入する下水が減少したことが要因であった。

将来的には都市開発の進展に合わせて下水水量が増加して施設能力が十分活用される見込みはあるものの、一方で、ハルビン市全体でみると、事後評価時の下水処理率は90%で、未処理の下水も発生している。その対策として実施機関が、中国の他の都市で行われている例があるように、市全体の開発計画により管網延長の範囲の拡大や、下水処理場間での振替処理等の措置を検討することにより、本事業による2処理場の余剰能力が有効に活用される可能性もあると思われる。

4. 3 教訓

(1) 施設の設計能力が有効活用される計画策定と、実施中のモニタリングの必要性

本事業により建設された2下水処理場の下水処理量、稼働率は設計能力を大幅に下回った。中長期的には、この処理能力は有効に活用されていく見込みであるが、一方で、事後評価時において市全体としては処理されない下水も発生しており、污水管網の整備の促進や処理場間の振替等によって、ハルビン市全体において余剰能力が活用できる余地もあったと思われる。ハルビン市の場合、下水処理場の運営・維持管理を行う国有企業が複数あるため、事業者間での振替には市政府が中心となって調整を行う必要があるが、設計段階でこのような事態や今後の下水処理場の点検・改修工事の際に備えて、その可能性を確認することも一案であると思われる。JICAは事業計画の審査時において、施設が最も有効に活用される方法を実施機関と検討するとともに、事業実施中においても、モニタリングや中間監理において実際のニーズの変化に対して計画の妥当性を検討し、必要に応じて管網整備の追加や、下水処理サービス区域の区割りの調整といった提案をしていくことも必要である。

(2) 事業効果を高めるための複合的なアプローチの検討

ハルビン市内において、汚染源となっていた大規模工場に対する規制が進んだことによって、排水処理施設を自社内に建設する企業が増加し河川への汚濁物質の排出減少が促進された。この規制によって河川の水質や住民の生活環境

の改善といった本事業で目指していたインパクトに対して、正の効果がもたらされている。JICA は他国での類似の環境衛生改善事業の形成において、より高い事業の効果を目指すために、案件形成・実施と並行させて、技術協力による人材育成事業や借款事業内に政策部門の政府職員や環境部門の職員への研修を取り入れて、政策提言・策定支援をする等といった複合的なアプローチを検討することも有効である。

以上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット		
平房下水処理場	CASS 処理法：15 万 m ³ /日 遮集管線 約 64 km	計画どおり
松浦下水処理場	CASS 処理法：10 万 m ³ /日 中水処理：3 万 m ³ /日	計画どおり
下水管網整備	ポンプ場 2 カ所 排水管線 約 67 km 汚水排放管線 約 6 km 中水管線 約 25 km	キャンセル (中国国内資金で 別事業として 建設された)
研修	3 回 計 36 人	3 回 計 35 人
②期間	2006 年 7 月～2011 年 4 月 (58 カ月)	計画どおり
③事業費		
外貨	9,747 百万円	6,883 百万円
内貨	3,334 百万円 (139 百万円)	6,719 百万円 (460 百万円)
合計	14,893 百万円	13,602 百万円
うち円借款分	7,398 百万円	6,883 百万円
換算レート	1 元 = 13.7 円 (2005 年 9 月時点)	1 元 = 14.6 円 (2006 年～2011 年実績)

以 上