

0. 要旨

大連市の瓦房店市と庄河市で上水道を、瓦房店市と旅順口区で下水道を整備する本事業の実施は中国及び各対象市区の開発政策、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。また、本事業は全体では事業費は計画内に収まったものの、庄河上水の完成が大幅に遅れたことで事業全体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。本事業は開発目的である、上下水道の整備を行うことによって、水需給の緩和と市内河川の水質改善を図るという面で、各サブプロジェクトにおいて概ね計画通りの効果発現が見られ、市民の生活環境の改善に資しており、有効性は高い。また、持続性についても、4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。

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



旅順口汚水処理場

1.1 事業の背景

中国では1980年代以降、大都市において上水道の整備が進み、1990年代になると大都市の周辺地区でも急速な工業化と人口集中による都市化の進行に起因した工業用水や生活用水等水需要の急増による需給ギャップが問題となっていた。大都市中心部では上水整備が進み水道普及率100%を目指す地域もある一方で、都市の周辺地域では共同井戸のみの場合もあるなど、同一都市の中でも地域格差が生じていた。下水については、急速な都市化に伴い下水排出量が増加し、中国全体では1990年代半ばには年平均2.1%増となっていた。下水排出量の増加に伴い、水質の悪化が深刻であった。

本事業の対象である大連市の周辺地域である瓦房店市、庄河市、旅順口区においても都市化に伴い、給水量の不足と、下水排出量の増加、河川の水質汚染が問題になっていた。

1.2 事業概要

大連市の瓦房店市と庄河市で上水施設を、瓦房店市と旅順口区で下水施設を整備することにより、水需給の緩和と市内河川の水質改善を図り、もって市民の生活環境改善に寄与する。本事業位置図を図1に示す。



出所：Wikipedia

図1 事業位置図（大連市）

円借款承諾額／実行額	3,309 百万円／3,165 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	上水道部分 金利 1.30%、返済 30 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイド 下水道部分 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／ 大連市人民政府
貸付完了	2006 年 7 月
本体契約	-
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	瓦房店上水：東北設計研究院による F/S（1998 年 10 月） 庄河上水：華北設計研究院による F/S（1998 年 8 月） 瓦房店下水：東北設計研究院による F/S（1998 年 10 月） 旅順口下水：華北設計研究院による F/S（1998 年 9 月）
関連事業	円借款：大連上下水道整備事業（L/A1997 年 9 月） ノルウェー・オランダ：上水処理事業（大連輸出技術開発区）（1994 年） ADB 上水処理事業（大連市区）（1995 年） 世銀 遼寧省環境事業（大連市下水処理事業を含む）（1994 年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

芹澤 明美（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：2010 年 12 月～2011 年 12 月

現地調査：2011 年 2 月 20 日～3 月 5 日、2011 年 5 月 15 日～5 月 28 日

2.3 評価の制約

サブプロジェクト 4 件はそれぞれ、瓦房店市、庄河市、旅順口区政府とそれぞれの水公司・下水処理場が独立的に運営しており、地理的にも 3 市区はお互いに 100km から 200km 程度離れているため、瓦房店市の上水・下水を除いてサブプロジェクト間の関連は薄い。また、大連市政府の各サブプロジェクトへの関わりは円借款資金を各市区に分配した時点で実質的に終了しており、事業運営等には関係していない。今回の事後評価において、大連市政府に大連市全体の上下水道事業に関するデータの提供を依頼したものの、入手できなかった。このような事情から、サブプロジェクトの相乗的な事業効果・インパクトや、大連市全体への影響を検証することはできなかった。本件評価では、サブプロジェクト毎に評価結果をレーティングした後で、総合的なレーティングを行った。

3. 評価結果（レーティング¹：A）

3.1 妥当性（レーティング²：③）

3.1.1 開発政策との整合性

中国政府は第 9 次 5 ヶ年計画（1996-2000）において地方都市上水道インフラ整備を重点課題と位置づけ、計画期間中に全国給水量を 4,000 万 m³/日増加、都市上水道普及率 96% を達成、一人当たり給水量を 40 リットル/日増加する目標を設定していた。1998 年時点において増加した設備能力は 1,315 万 m³/日であり、建設中である設備を考慮すると 2000 年までに目標は達成できる見込みであった。都市上水道普及率は 98 年までに目標を前倒して達成

1 レーティングの詳細は、A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

2 サブレーティングの詳細は、③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

しており、一人当りの生活用給水量も目標（210 リットル/日）を超え、214 リットル/日であった。

しかしながら、絶対的水不足である地域は依然として存在していたため、第10次5ヶ年計画（2001-2005）においても、上水道整備は都市整備計画の主要項目であった。

下水に関しては、工業排水に対する規制として、汚染排出課徴金制度、環境アセスメント制度、三同時制度（企業はメインプラント建設と共に、汚染防除施設を同時設計、同時着工、同時運営する）を設けると同時に、生活排水の急増に対応するため、都市部の下水道整備にも重点を置いていた。

第11次5ヶ年計画（2006-2010）においては、都市のための水源保護をさらに強化し、水供給施設の建設を推進するとしていた。さらに現行の第12次5ヶ年計画（2011-2015）においても、上下水道等の基礎インフラ整備を重視し、安全な飲料水の供給、水質汚染の防止を進めている。

本事業対象の大連市3市区においては、第9次、第10次計画共に本事業を重点プロジェクトとしていた。それぞれの第11次、第12次計画では、瓦房店市では上下水道整備を、庄河市では上水道整備を、旅順口区では環境整備を重視している。

審査時及び事後評価時ともに、国家開発計画と大連市各市区の開発計画において上水・下水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

対象市区の上下水道整備状況を見ると、本事業の審査時点（1999年）で、瓦房店市は水需要5万 m^3 /日に対して給水能力も5万 m^3 /日しかなく、本事業で整備する6.5万 m^3 /日を加えて2003年までには10万 m^3 /日とする計画であった（既存浄水場の5万 m^3 /日は、浄水水質向上のために処理能力を3.5万 m^3 /日に落とすことにしていた）。庄河市については、審査時点で水需要5.4万 m^3 /日に対して給水能力は4.7万 m^3 /日しかなかった。本事業で整備する5万 m^3 /日とその後予定していた別事業5万 m^3 /日を加えて2010年までには10万 m^3 /日とする計画であった（既存浄水場は廃止）。瓦房店市と旅順口区には審査時点で下水処理場がなく、未処理の汚水が河川に直接流れ込んでいたため、悪臭等で住民の生活環境を害していた。以上から、対象3市区で上水または下水施設整備を行う本事業は開発ニーズに整合していた。

事後評価時点では、瓦房店市の上水、庄河市の上水、旅順口区の下水については、本事業による施設能力の拡充によって現在の水需要・下水処理需要に対応できているものの、今後のさらなる需要の伸びを想定するとそれほどの余裕はないといえる。瓦房店市の下水については、運転開始時においてはその需要を満たすも、現在では市の需要は処理能力を超えるものとなっている。各市区の需要と処理能力の詳細については、後掲の表5から表8を参照されたい。

以上から、サブプロジェクト4件とも、対象地域における水需要あるいは下水道需要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

海外経済協力業務実施方針（1999年12月1日に公表され、2002年3月まで有効）によると、中国への援助方針として民間部門や資本市場の発展を促進し、市場経済化を推進する同国のバランスの取れた発展を促すため、内陸部重視による国内の地方間格差是正や自主的な経済発展に資する経済・社会インフラ整備等の支援に重点が置かれていた。従って、基礎インフラである上下水道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 効率性（レーティング：②）

3.2.1 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1にまとめた。

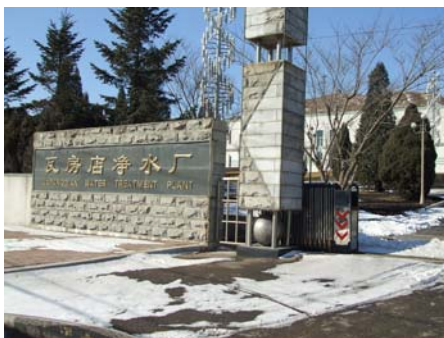
表1 アウトプット比較（計画/実績）

サブプロジェクト	計画	実績
A. 瓦房店上水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導水管 約 26km ・ ポンプ場 1機 ・ 浄水施設 6.5 万 m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 配水管 約 14km ・ ポンプ場から浄水施設までの特別高圧送電線 約 11km 	計画通り。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 導水管 約 26km ・ ポンプ場 1機 ・ 浄水施設 6.5 万 m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 配水管 約 14km ・ ポンプ場から浄水施設までの特別高圧送電線 約 11km
B. 庄河上水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取水管 約 1 km ・ 導水管 約 16 km ・ 浄水施設 5.0 万 m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 送水管 約 3 km ・ 配水管 約 43 km 	配水管が計画より約 30 km 増加。他は計画通り。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 取水管 約 1 km ・ 導水管 約 16 km ・ 浄水施設 5.0 万 m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 送水管 約 3 km ・ 配水管 約 73 km
C. 瓦房店下水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下水処理施設 6.0 万 m³/日（BIOFOR 法） ・ 河道整備 約 4.5 km ・ 排水管 約 8 km 	下水処理方法が変更された。他は計画通り。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 下水処理施設 6.0 万 m³/日（ICEAS 法） ・ 河道整備 約 4.5 km ・ 排水管 約 8 km
D. 旅順口下水	<ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプ場 9ヶ所 ・ 下水処理施設 3.0 万 m³/日（オキシデーション・ディッチ法） ・ 排水管 計約 59km <ul style="list-style-type: none"> ➢ 市内から処理場へ 約 51 km ➢ 処理場内 約 4 km ➢ 処理場から海の排水地点へ約 3km ➢ 海へ排水（海中）約 1km 	下水処理方法が変更された。また、旅順開発区内の下水処理ニーズに対応するため、開発区内のポンプ場と排水管が増えた。他は計画通り。 <ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプ場 14ヶ所（旅順開発区内で5ヶ所増） ・ 下水処理施設 3.0 万 m³/日（A2O 法） ・ 排水管 計約 73km <ul style="list-style-type: none"> ➢ 市内から処理場へ 約 53 km ➢ 処理場内 約 4 km ➢ 処理場から海の排水地点へ約 3km ➢ 海へ排水（海中）約 1km ➢ 旅順開発区内 約 12 km

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

計画されたアウトプットは、ほぼ計画通りに完成している。一部変更点およびその理由は次の通りである。

- B. 庄河上水：配水管総延長が計画よりも約 30km 増加した。為替レートの変動が大きかったことから、円借款資金で調達する計画だった導水バルブや薬剤投入装置を国内資金で調達し、残余円借款資金を使って、計画時よりも拡大していた給水対象地域のための配水管を調達した。
- C. 瓦房店下水：下水処理方法を BIOFOR 法³から ICEAS 法⁴へ変更した。実施機関によれば、BIOFOR 法が技術として古くなり、機材の生産をやめるメーカーが出るなど、機材が手に入りにくくなったことが変更の理由である。代替の方法として ICEAS と A2O 法⁵を技術面、経済面で比較検討した結果、ICEAS は運営費用が安くてすむこと等から採用した。
- D. 旅順口下水：下水処理方法をオキシデーション・ディッチ法から A2O 法へ変更した。実施機関によれば、A2O 法は寒冷気候の中国東北部においては最もよく使われている下水処理方法であり、汚水処理の 3 ステップ（酸素を入れる、酸素を除く、化学処理）を一つのタンクで行うことができ、コストが安く、臭いも少ないことから採用したとのことである。さらに、旅順開発区内で増加した下水処理ニーズに対応するため、開発区内でのポンプ場と排水管を増やした。



瓦房店浄水場



瓦房店污水处理厂

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

審査時に積算された総事業費は 9,235 百万円（内、円借款は外貨分のみに充てられ、総額 3,309 百万円、残りは中国政府と大連市政府、及び各サブプロジェクトについて瓦房店市、庄河市、旅順口区政府負担）であった。実績は 9,225 百万円（内、円借款は 3,165 百万円、残りは中国政府と大連市政府、及び各サブプロジェクトについて瓦房店市、庄河市、旅順口区政府負担）であり、円建てでは計画比 100%、現地通貨建てでは計画費 93%であった。

3 BIOFOR (Biological Aerated Filtration System)：膜分離活性汚泥法。循環式活性汚泥法の一つ。

4 ICEAS (Intermittent Cycle Extended Aeration System)：間歇循環延長ばっ気システム。循環式活性汚泥法の一つ。

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

現地通貨建て事業費の差は為替レートの差（計画時 1 円=13 円、事後評価時 14 円）である。サブプロジェクト毎の事業費は表 2 の通りである。

表 2 事業費

	計画	実績	差異の理由	レーティング
瓦房店上水	1,917 百万円 (外貨 985 百万円) (内貨 932 百万円)	1,851 百万円 (外貨 957 百万円) (内貨 947 百万円)	アウトプットは計画通り。競争入札により価格を抑えることができた。	③ 計画の 97%
庄河上水	1,625 百万円 (外貨 426 百万円) (内貨 1,199 百万円)	1,157 百万円 (外貨 395 百万円) (内貨 762 百万円)	配水管が計画より約 30 km 増加したものの、為替レートが落ち着くまで納入を待ったことと、競争入札により価格を抑えることができた。	③ 計画の 71%
瓦房店下水	1,933 百万円 (外貨 858 百万円) (内貨 1,075 百万円)	2,588 百万円 (外貨 873 百万円) (内貨 1,714 百万円)	下水処理方法の変更のため、処理場敷地面積増等で費用が増加した。	② 計画の 134%
旅順口下水	3,192 百万円 (外貨 833 百万円) (内 2,359 百万円)	3,631 百万円 (外貨 994 百万円) (内貨 2,636 百万円)	旅順開発区内のポンプ場と排水管延長が増えたために費用が増加した。内貨部分が増えたのは為替レートの差による。	② 計画の 114%

出所：JICA 審査時資料、質問票回答



庄河浄水場



庄河上水の取水地 朱隈ダム

3.2.2.2 事業期間

事業実施期間は計画を大幅に上回った。審査時に計画された 2001 年 3 月（L/A 調印月）より 2003 年 9 月（全事業運用開始）の 31 ヶ月に対して、実績は 2001 年 3 月（L/A 調印月）より 2006 年 6 月（4 サブプロジェクト中、最後に運用開始した庄河上水）の 64 ヶ月であり、計画比 206%であった。

瓦房店上水、瓦房店下水、旅順口下水については、運用開始時期がそれぞれ計画 2003 年 3 月、実績 2003 年 9 月（予定より 6 ヶ月遅れ）、計画 2003 年 9 月、実績 2004 年 3 月（6 ヶ月遅れ）、計画 2003 年 9 月、実績 2004 年 1 月（4 ヶ月遅れ）と、遅れは比較的軽微であっ

た。実施機関によると、遅延理由は、為替レートの変動が大きかったために入札時期を遅らせたこと（瓦房店上水）、下水処理法の変更に伴い調達機材も変更したため入札開始が遅れたこと（瓦房店下水）、区にとって初めての下水道整備だったために試運転で区内の下水ネットワーク全体を確認・調整するのに時間がかかったこと（旅順口下水）であった。一方、庄河上水は計画 2003 年 9 月、実績 2006 年 6 月（33 ヶ月遅れ）と大幅に遅れた。元々国内資金で整備される計画であった浄水施設は予定通りの時期に建設されたものの、円借款資金で調達されることになっていた導水管・配水管については、為替レートの変動や中国国内の鋼管価格上昇を見極めていたことから遅れが生じた。

表 3 事業期間

	計画	実績	L/A (2001 年 3 月)からの事業期間	レーティング
瓦房店上水	2000 年 10 月 (詳細設計開始) ~2003 年 3 月 (運用開始)	2000 年 4 月 (詳細設計開始) ~2003 年 9 月 (運用開始)	計画 25 ヶ月 実績 31 ヶ月	② 計画の 124%
庄河上水	2000 年 10 月 (詳細設計開始) ~2003 年 9 月 (運用開始)	2000 年 1 月 (詳細設計開始) ~2006 年 6 月 (運用開始)	計画 31 ヶ月 実績 64 ヶ月	① 計画の 206%
瓦房店下水	2000 年 10 月 (詳細設計開始) ~2003 年 9 月 (運用開始)	2002 年 1 月 (詳細設計開始) ~2004 年 3 月 (運用開始)	計画 31 ヶ月 実績 37 ヶ月	② 計画の 119%
旅順口下水	2000 年 10 月 (詳細設計開始) ~2003 年 9 月 (運用開始)	2000 年 10 月 (詳細設計開始) ~2004 年 1 月 (運用開始)	計画 31 ヶ月 実績 35 ヶ月	② 計画の 113%

出所：JICA 審査時資料、質問票回答

表 4 で示す通り、サブプロジェクト毎の効率性は全件で中程度となるため、4 件総合しても中程度と判断される。

表 4 サブプロジェクト毎の効率性

	効率性 (事業費+期間)
瓦房店上水	② (③+②)
庄河上水	② (③+①)
瓦房店下水	② (②+②)
旅順口下水	② (②+②)
総合	②

以上より、本事業は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。

3.3 有効性 (レーティング：③)

3.3.1 定量的効果

3.3.1.1 運用効果指標

(1) 上水道施設能力の向上

瓦房店市と庄河市における水需要量・給水能力の需給バランスを表 5~6 に示す。

表5 瓦房店市における水需要量・給水能力の需給バランス

年	1999	2005	2010
給水人口 (万人)	23.7	29.4	31.0
水需要量 (万m ³ /日)	5.0	5.0	6.7
給水能力 (万m ³ /日)	5.0	10.0	10.0
需給バランス (万m ³ /日)	0	5.0	3.3

出所：審査資料及び質問票回答

注：既存浄水場5万m³/日は、浄水水質の向上を図るために処理能力を3.5万m³/日に落とし(審査資料)、本事業の6.5万m³/日を加えて(2003年9月完成)、市の給水能力は10万m³/日となっている。

表6 庄河市における水需要量・給水能力の需給バランス

年	1999	2005	2010
給水人口 (万人)	16.8	22.0	28.0
水需要量 (万m ³ /日)	5.4	7.8	10.0
給水能力 (万m ³ /日)	4.7	4.7	10.0
需給バランス (万m ³ /日)	-0.7	-3.1	0

出所：審査資料及び質問票回答

注：既存浄水場4.7万m³/日を廃止し、本事業5万m³/日(2006年6月完成)と第2期事業5万m³/日(2010年4月完成)を合わせて、市の給水能力は10万m³/日となっている。



瓦房店浄水場

序号	收费项目	收费标准	收费范围
一	居民生活用水	1.50元/吨	居民用户
二	居民生活附加水费	10.00元/吨	每户每月超过6吨
三	工业用水	3.20元/吨	工业用户
四	商业用水	4.20元/吨	商业用户
五	机关、团体、事业单位用水	2.00元/吨	机关团体事业单位用户
六	建筑用水	6.00元/吨	建筑工地用户
七	大众浴池用水	6.00元/吨	大众浴池用户
八	特殊行业用水	12.00元/吨	桑拿浴、健身中心、洗衣房、洗理店
九	代收污水处理费	10%/水费	工业用户
十	代收污水处理费		
1.	居民、机关、团体	0.60元/吨	居民、机关、团体用户
2.	工商企业用水	0.99元/吨	工商企业用户
3.	特殊行业用水	1.18元/吨	特殊行业用户

服务热线: 8958697 举报电话: 8941674

瓦房店市自来水公司料金表(上下水道)

両市とも、計画通りに上水供給能力を拡張でき、需給バランスが緩和された。また、市政府環境局により、水質に関しては、浄水場で処理後の水は両者とも飲料水としての国家基準(pH、濁度、大腸菌数等)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。受益者調査結果からも、水質(特に味、臭い、濁り具合)が改善されたことが確認された。

(2) 下水処理能力の向上、汚染物排出量の削減(水質汚濁の改善)

瓦房店市と旅順口区における下水処理能力と水質データを表7~8に示す。

表 7 瓦房店市における下水処理能力・水質

年	1999	2005	2010
処理人口（万人）	-	23.2	26.6
下水道需要（万m ³ /日）	5.0	6.1	10.0
処理能力（万m ³ /日）	0	6.0	6.0
需給バランス（万m ³ /日）	-5.0	0.1	-4.0
入口 BOD 濃度（mg/L）	145	104	128
出口 BOD 濃度（mg/L）	-	10	6
河川 BOD 濃度（mg/L） 回頭河	127	2	4

出所：審査資料及び質問票回答

注：瓦房店市では本事業 6 万 m³/日（2003 年 9 月完成）が初めての下水処理施設である。審査時の瓦房店市計画では、本事業 6 万 m³/日と別事業 2 万 m³/日（2005 年完成予定）、さらに別事業で 2 万 m³/日（2010 年完成予定）を合わせて、2010 年には処理能力を計 10 万 m³/日まで拡張することになっていた。現在、下水道需要に処理能力が追い付いていないことから、市の下水処理能力をいずれ 10 万 m³/日まで拡張する予定が無くなったわけではないが、具体的な時期等は未定である（実施機関）。

表 8 旅順口区における下水処理能力・水質

年	1999	2005	2010
処理人口（万人）	-	データ無し	19.0
下水道需要（万m ³ /日）	2.9	2.0	2.9
処理能力（万m ³ /日）	0	3.0	4.0
需給バランス（万m ³ /日）	-2.9	1.0	1.1
入口 BOD 濃度（mg/L）	170	290	151
出口 BOD 濃度（mg/L）	-	193	14
河川 BOD 濃度（mg/L） 龍河	254	データ無し (注 2)	データ無し (注 2)

出所：審査資料及び質問票回答

注 1：旅順口区では本事業 3 万 m³/日（2004 年 1 月完成）が初めての下水処理施設である。その後 2010 年末に別事業 1 万 m³/日が追加され、区の処理能力は計 4 万 m³/日となっている。審査時の旅順口区計画では、本事業 3 万 m³/日と別事業 3 万 m³/日（2010 年完成予定）で 2010 年には処理能力を計 6 万 m³/日にすることになっていたが、その後方針が変わり、2011 年に 5 万 m³/日、2012 年に 2 万 m³/日を追加し、計 11 万 m³/日とする計画である（実施機関）。

注 2：本件下水処理場からの処理後の水は海に直接排出されているため、河川の水質は測定していない。

両市区とも、本事業によって初めて下水処理施設が作られ、以前は河川に直接排出されていた汚水が今では適切に処理されており、瓦房店の回頭河 BOD 濃度が低減したことや、後述の実施機関や受益者の見解で示される通り、河川や海の水質が改善されている。受益者調査結果からは、河川や海の悪臭が軽減されたことや、水の生物が戻ってきたことが確認された。

瓦房店市においては、現在下水処理能力が需要に追い付いていないため、市の下水処理能力をいずれ 10 万 m³/日まで拡張する計画は審査時点と変わらず存在するものの、実施機関によれば、市政府は時期等を定めた具体的な計画を有してはいないとのことである。旅順口区においては、本事業完成以来 1 級汚水処理手順を採用していたが、

2008年に中国の下水処理水質基準が改訂されたことに対応して、より厳しい2級汚水処理手順に合わせるため、民間企業によって当施設をアップグレードした。

3.3.1.2 内部収益率

(1) 財務的内部収益率 (FIRR)

審査時及び評価時点における FIRR を表 9 に示す。

表 9 審査時及び評価時の FIRR

事業	単位 %	
	審査時の FIRR	評価時点での FIRR
瓦房店上水	4.3	4.9
庄河上水	9.8	4.4
瓦房店下水	5.4	4.3
旅順口下水	2.4	2.9

便益：料金収入

費用：建設費、運営・維持管理費等

プロジェクトライフ：上水 30 年、下水 40 年

審査時点と事後評価時点の FIRR に差が生じた理由は以下の通りである。

- A. 瓦房店上水：過去の料金収入の伸びと同等の伸びを今後も想定して FIRR を再計算したため、審査時より高くなった。
- B. 庄河上水：審査時の計算は本事業 5 万 m³/日だけを対象にしていたが、事後評価時の計算では、本事業の後に建設された 5 万 m³/日（第 2 期事業）を加えてプラント全体 10 万 m³/日を対象とした。第 2 期事業の建設費が含まれたために 2010 年までのキャッシュフローが小さくなり、FIRR が審査時よりも低くなった。
- C. 瓦房店下水：審査時の計算では同市の下水処理能力が最終的に 8 万 m³/日になることを前提としていたが、事後評価時再計算では現状の 6 万 m³/日をベースにしたために、FIRR が低くなった。
- D. 旅順口下水：下水処理料金が審査時の想定よりも高くなったため、FIRR が高くなった。

3.3.2 定性的効果

定性的効果としては、上水道に関しては 1)急増する水需要への対応と、2)安全性の高い上水の安定的供給を想定している。下水道に関しては、1) 生活・社会環境の改善、2)水資源節約（処理水再利用により）、3)リサイクル効果（汚泥再利用）が想定されている。

3.3.2.1 上水道

(1) 急増する水需要への対応

瓦房店市については、既存浄水場 5 万 m³/日の浄水水質の向上を図るために処理能力を 3.5 万 m³/日に落とし（審査資料）、本事業で 6.5 万 m³/日を整備したことで市の給水能

力が 10 万 m³/日となり、現在の需要 6.7 万 m³/日に対応できている。実施機関によれば、一般世帯の契約者数は年 2 千世帯程度増加しているが、給水能力が拡張されたことで、猛暑の年であってもここ数年断水は起きていないとのことである。

庄河市については、本事業 5 万 m³/日と第 2 期事業 5 万 m³/日（2010 年 4 月完成）で計 10 万 m³/日の給水能力を有しており、現在の需要 10 万 m³/日に対応できている。需要量と給水能力が同じであり余裕を持った水需要の対応とはなっていないが、実施機関によれば、さらなる給水能力の拡大計画は現時点では存在しないとのことである。

(2) 安全性の高い上水の安定的供給

瓦房店、庄河共に、処理後の水は国家飲料水基準を満たしている。庄河については、実施機関によれば、本事業の前は汚染された河川から取水しており、薬品処理に費用がかかっていたが、本事業完成後は水質の良い朱隈ダムから直接取水することで薬品処理のコストが削減できており、沈殿物が少ないためタンクやパイプの清掃の頻度も減ったとのことである。また、地下水の使用が減ったことで地下水レベルが上昇し、以前は海水が混じていたのが今では真水が出るようになったとのことである。また、受益者調査によれば、給水能力の拡張により水圧が改善したため、集合住宅の上階でも水が出るようになり、自宅トイレを使用できるようになった（以前は公衆トイレを利用）と報告されている。

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、上下水各事業 50 人合計 200 人である。上水道に関し、主な調査結果は表 10 のとおりである。

表 10 受益者調査結果（上水）

	瓦房店上水 (男性 36 名、 女性 14 名)	庄河上水 (男性 37 名、 女性 13 名)
水の安定的供給が実現	96%	98%
給水量が十分であるとの認識	96%	98%
水圧が改善されたとの認識	96%	94%
水質（濁度、味、臭い）が改善されたとの認識	92-94%	98%
生活の質（衛生面）が改善されたとの認識	96%	98%
家事に要する時間の短縮	96%	98%
本事業により市の経済が活性化されたとの認識	96%	100%

上記結果より、本件上水道整備事業は、急増する水需要への対応と、安全性の高い上水の安定的供給に貢献していると評価されている。

3.3.2.2 下水道

(1) 生活・社会環境の改善

実施機関及び受益者調査の結果によれば、瓦房店市、旅順口区とも、本事業によって初めての下水处理場ができたことで、河川や海に汚水が流入しなくなり、悪臭がなくなり、その結果河川や海周辺的生活環境が改善したとのことであった。実施機関に

よれば、瓦房店市の回頭河沿いは高級住宅地やレジャーの場として開発され、不動産価格が上昇したとのことである。また、河川や海に魚やエビが戻り、水産業が活性化したと報告されている。旅順口区も同様に、河川や海の水質が改善されたことで住環境が改善したと報告されている。

(2) 水資源節約（処理水再利用により）

瓦房店市では、本事業で整備された下水処理場の下流に位置するダムの水質が改善されたことで、そこから上水を取水できるようになったということであった。また、本処理場 6 万 m³/日のうち 2 万 m³/日は高度処理後に雑用水として供給され、洗車や植物の水やりなど、人間が摂取する以外の用途に使用されている。旅順口区では、河川の水質が改善したことで、その水を植物の水やり等に使用できるようになり、水資源の有効利用が進んだことが確認された。

(3) リサイクル効果（汚泥再利用）

瓦房店下水、旅順口下水とも、審査時の計画では、処理後の汚泥のうち国家汚泥排出基準を満たすものは肥料として再利用することになっていたが、実際は処理後の汚泥は全て埋立場に廃棄されている。実施機関によれば、発生する汚泥の量が少ないためリサイクルを行っていないとのことである。

下水道事業 2 件について受益者調査の結果は表 11 のとおりである。

表 11 受益者調査結果（下水）

	瓦房店下水 (男性 34 名、 女性 16 名)	旅順口下水 (男性 39 名、 女性 11 名)
下水処理能力の拡充が実現	100%	100%
現在の下水処理状況は良好であるとの認識	92%	98%
河川・海の水質が改善されたとの認識	100%	96%
河川・海の臭いが改善されたとの認識	100%	96%
衛生状態が改善されたとの認識	100%	98%

上記結果より、審査時に想定していた汚泥のリサイクルは行われていないが、本件下水道整備事業は、生活・社会環境の改善に貢献し、水資源節約効果も一定程度あると評価される。

サブプロジェクト 4 件とも、概ね計画通りの効果が発現している。以上より、総合的に判断し、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、有効性は高い。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

(1) 地域経済発展への貢献

対象各市区の実施機関によれば、本事業は以下のように地域経済発展に貢献したと

報告されている。

瓦房店市においては、上水道が整備されたことで多くの投資を引き付けることが出来た。2003年の本事業完成以降、工業団地が2つ建設され、10以上の企業が市内に事務所を置いた。市のGDPは年16%以上成長しており、また、下水道が整備されたことで河川沿いの生活環境が改善し、高級住宅地やレジャーの場として開発が進んだ。さらに、河川や海の水質が改善され、水産業が活性化した。

庄河市については具体的な数字は得られなかったが、実施機関も受益者も、上水供給能力が拡張したことで市の経済活動活性化に貢献したとの見解を有している（表10 受益者調査結果参照）。

旅順口区においては、本件下水処理場で100人以上の雇用を創出した。また、下水道整備による環境改善の結果、旅順が観光地としての魅力を増し、河川沿いの不動産価格も上昇した。海では貝や海藻が戻り、漁業が活性化したと報告されている。

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

4事業とも、環境への負のインパクトは特に確認されていない。

- A. 瓦房店上水：取水口の上流・下流1000m以内は保護区域とし、水を汚染する可能性のある施設・活動は禁止されている。「水質管理センター」（職員9名）が浄水場入口・出口の水質検査を行っている。浄水場からの排水は主に生活排水であり汚染程度が低く、簡易な処理後下水として排出されている。塩素漏れについては自動探知機が設置され、万一の際は自動吸収されることになっている。モニタリングは瓦房店市環境保護局の監督を受けており、現在のところ環境への負の影響は確認されていない。
- B. 庄河上水：取水元の朱隈ダムの水質が良いため、本件浄水場での処理過程で生じる汚泥がほとんどなく、排水は直接下流の河川に排出されている。「化学検査室」（職員5名）が浄水場入口・出口の水質検査を行っている。モニタリングは庄河市環境保護局の監督を受けており、現在のところ環境への負の影響は確認されていない。
- C. 瓦房店下水：悪臭対策としては、汚泥集積の期間を短くしたこと、濃縮・脱水後の汚泥の廃棄場所を住宅地から離れた場所に行っていることが挙げられる。実施機関によれば、汚水処理技術をICEAS法に変更したことも悪臭軽減に寄与しているとのことである。処理場自体、住宅地から離れた場所に建設されており、敷地内は緑化され、防音設備が設置されている。処理後の汚水については、処理場の検査室が汚染指標8項目を毎日チェックし、瓦房店市環境監視測定所が月に1度確認している。現在のところ環境への負の影響は確認されていない。
- D. 旅順口下水：瓦房店下水と同様の悪臭対策をとり、下水処理場の環境も同様である。水質検査についても瓦房店と同様であり、検査室（職員2名）により水質検査が行われ、旅順口区環境監視測定所による監督を受けている。現在のところ環境への負の影響は確認されていない。

(2) 住民移転・用地取得

各市における本事業における取得用地面積及び用地取得費用/移転補償費用は表 12 のとおりである。

表 12 取得用地面積及び用地取得費用/移転補償費

	用地取得面積	住民移転数	用地取得費用	移転補償費
瓦房店上水	無	無	無	無
庄河上水	3ha	6人	無	32 万元
瓦房店下水	11ha	無	480 万元	無
旅順口下水	5ha	無	2557 万元	無
計	19ha	6人	3052 万元	32 万元

出所：質問票回答

住民移転は、庄河上水の配水管敷設の際に 1 世帯 6 名の移転が発生したのみであった。実施機関によれば、補償費用は、大連市が過去に実施した類似事業の補償基準に合わせて支払いを行った。瓦房店下水と旅順口下水については、用地取得計画に沿って、対象者への事前説明・合意形成も的確に行われ、特に問題は発生していないと実施機関から報告されている。

以上から、本事業は生活・衛生環境の改善および地域経済の発展に寄与していると言える。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業で完成された各施設の運営維持管理は、審査時点で想定されていた次の各機関が担当している。

瓦房店市自来水公司⁶：101 名が浄水場の運営維持管理を担当している。

庄河自来水公司：52 名が浄水場の運営維持管理を担当している。

瓦房店龍山污水处理場：28 名が処理場の運営維持管理を担当している。

旅順口污水处理場：28 名が処理場の運営維持管理を担当している。

3.5.2 運営・維持管理の技術

各組織の運営維持管理技術は次の通りである。

- A. 瓦房店市自来水公司：浄水場職員 101 名中、19 名が短大卒以上である。職員全員に対して、品質管理や維持管理手順等についての技術研修と、到達度確認のための試験を毎年行っている。組織の自己評価では、職員の技術レベルは、浄水場の通常の運営維持管理を十分にこなせる水準である。安全管理マニュアルが存在し、「安全な生産の規則」と「安全な運営の規則」の 2 部に分かれている。個々の機

⁶ 4 社とも、各市区政府の下にある公社である。

材の運営維持管理規則が含まれている。

- B. 庄河自来水公司：浄水場の運営維持管理職員 52 名中 12 名が技術者であり、全員が短大卒以上である。研修は毎年実施されており、機材の運用・維持管理手順等について学んでいる。各種マニュアルが存在し、巡回検査、危険物取扱規則、職場・機材毎の職務規定・運用手順等を含んでいる。
- C. 瓦房店龍山汚水処理場：組織の自己評価では、維持管理職員は概ね十分な技術レベルを有している。技術面を扱った月 1 回の内部研修を行っている。年 1 度の外部研修では、国内の汚水処理場に赴いて技術交換と意見交換を行っている。処理場の立ち上げの際には、ICEAS 法を採用している昆明、青島等の処理場に職員を派遣し研修を受けさせ、また専門家を招いての講習も実施した。
- D. 旅順口汚水処理場：処理場職員 28 名中、8 名が大卒である。運営維持管理職員全員が、国家資格と最低 3 年以上の職務経験を有している。新たに採用された際の技術研修に加え、年に 2、3 回、下水処理技術や機材維持管理等の研修を実施している。処理場の立ち上げの際には、A2O 法を採用している長春等の処理場に職員を派遣し研修を受けさせた。

3.5.3 運営・維持管理の財務

各組織の収支状況を記す。

表 13 瓦房店市自来水公司 収支状況

単位：百万元

項目	2007	2008	2009	2010
年間売上（総収益）	28.31	18.79	18.46	21.60
販売、諸経費	6.89	7.83	7.75	8.30
維持管理費	25.93	28.07	28.71	30.38
運営利益/損失	-12.04	-12.61	-11.96	-8.76

出所：実施機関

表 14 瓦房店汚水処理場 収支状況

単位：百万元

項目	2007	2008	2009	2010
年間売上（総収益）	7.59	7.39	7.51	7.55
売上原価	12.13	11.82	12.10	11.56
販売、諸経費 （含む維持管理費）	0.97	1.06	0.92	1.03
運営利益/損失	-5.48	-5.47	-5.52	-5.04

出所：実施機関

表 15 瓦房店市水道料金（上下水道）⁷

単位：元/m³

分類	上水	下水	合計
一般家庭	1.5	0.6	2.1
工業	3.2	0.9	4.1
商業	4.7	0.9	5.6
公衆浴場	6.0	1.1	7.1

出所：実施機関

表 16 庄河自来水公司 収支状況

単位：百万元

項目	2007	2008	2009	2010
年間売上（総収益）	34.63	35.67	37.44	45.67
売上原価	23.59	24.99	26.35	33.26
販売、諸経費	9.31	7.60	9.48	9.76
維持管理費	8.31	6.07	8.23	8.78
運営利益/損失	1.51	1.57	1.55	2.42

出所：実施機関

表 17 庄河市水道料金（上下水道）

単位：元/m³

分類	上水	下水	合計
一般家庭	1.6	0.6	2.2
工業	3.2	0.9	4.1
商業	5.0	0.9	5.9
特殊（公衆浴場等）	15.0	1.1	16.1

出所：実施機関

表 18 旅順口污水处理場 収支状況

単位：百万元

項目	2007	2008	2009	2010
年間売上（総収益）	7.54	10.30	12.02	12.55
販売、諸経費（含む維持管理費）	8.64	10.10	10.14	12.57
運営利益/損失	-1.10	0.20	1.88	-0.02

出所：実施機関

表 19 旅順口区水道料金（上下水道）

単位：元/m³

分類	上水	下水	合計
一般家庭	2.3	0.6	2.9
工業	3.2	0.9	4.1
商業	5.0	0.9	5.9
特殊（公衆浴場等）	5.0	0.9	5.9

出所：実施機関

⁷ 下水道料金は上水料金と共に徴収され、自来水公司から瓦房店市政府に納められた後、污水处理場へ支払われる。庄河市、旅順口区でも同様。

4事業の内、庄河上水の収支状況は黒字であるが、他の3事業は赤字である。元来、水道事業は収益性の低い事業であり、そのため、公共事業として運営されてきている。事実、4事業とも、市区政府の出資で成っている。また、水道事業収支の大きな要因となる水道料金については、市区政府物価統制局が自来水会社の収支状況、物価上昇率、他の公共料金の水準等を勘案して決定している。従って、水道事業の収支が悪化する場合は、市区政府が補助金の形で支援することになっており、財務的には安定していると考えられ、本事業の持続性に関して問題はないと考えられる。また、各実施機関は、4事業とも運営維持管理に配分されている予算額は適切だとしている。

3.5.4 運営・維持管理の状況

4事業とも、設置された機器、施設はいずれも正常に稼働しており、問題点は見当たらない。それぞれ年間の修理・維持管理計画を作成し、それに沿って毎日の点検、数ヶ月毎の点検を行っている。問題が生じた場合も、軽微なものは数日で対応し、大きなものは年間修理計画に合わせて修理を行っている。今般の事後評価で浄水場・下水処理場を視察した際も、本事業で整備された施設・機材は順調に稼働しており、特に問題は認められなかった。

以上から、サブプロジェクト4件とも維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、総合的に判断して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

「2.3 評価の制約」で述べた通り、サブプロジェクト間の関連性が薄いため、個別にレーティングした後に、4件を総合的に判断することとし、結果を表20に示す。

表20 サブプロジェクト毎の評価と総合評価

	妥当性	有効性・インパクト	効率性 (事業費+期間)	持続性	総合
瓦房店上水	③	③	② (③+②)	③	A
庄河上水	③	③	② (③+①)	③	A
瓦房店下水	③	③	② (②+②)	③	A
旅順口下水	③	③	② (②+②)	③	A
総合	③	③	②	③	A

サブプロジェクト毎の評価の結果を総合的に判断すると、本事業の実施は中国及び各対象市区の開発政策、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。また、本事業は全体では事業費は計画内に収まったものの、庄河上水の完成が大幅に遅れたことで事業全体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。上述したように、本事業は開発目的である、上下水道の整備を行うことによって、水需給の緩和と市内河川の水質改善を図るという面で、各サブプロジェクトにおいて概ね計画通りの効果発現が見られ、市民の生活環境の改善に資しており、有効性は高い。また、持続性に

についても、4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

- 1) 上下水道料金は大連市内各市区政府の決定事項であり、実施機関単位で収支が赤字であっても各市区政府から補填を受けられるため事業運営に財務上の問題は生じていないものの、実施機関は市区政府と定期的に協議し、必要な場合は料金改訂の可能性も検討されたい。
- 2) 瓦房店市では、現在の下水処理能力が需要に追い付いていない。将来的な拡充計画は存在するものの時期等を定めた具体的なものではないことから、瓦房店市政府においては具体的な計画を策定されたい。

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	実績
① アウトプット A. 瓦房店上水 B. 庄河上水 C. 瓦房店下水 D. 旅順口下水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導水管 約 26km ・ ポンプ場 1 機 ・ ポンプ場から浄水施設までの送水管 約 11km ・ 浄水施設 6.5 万m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 配水管 約 14km ・ 取水管 約 1 km ・ 導水管 約 16 km ・ 浄水施設 5.0 万m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 送水管 約 3 km ・ 配水管 約 43 km ・ 下水処理施設 6.0 万m³/日（BIOFOR 法） ・ 河道整備 約 4.5 km ・ 排水管 約 8 km ・ ポンプ場 9 ヶ所 ・ 下水処理施設 3.0 万m³/日（オキシデーション・ディッチ法） ・ 排水管 計約 59km <ul style="list-style-type: none"> ➢ 市内から処理場へ約 51km ➢ 処理場内 約 4 km ➢ 処理場から海の排水地点へ約 3km ➢ 海へ排水（海中）約 1km 	<p>計画通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導水管 約 26km ・ ポンプ場 1 機 ・ ポンプ場から浄水施設までの送水管 約 11km ・ 浄水施設 6.5 万m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 配水管約 14km <p>配水管が計画より約 30 km 増加。他は計画通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取水管 約 1 km ・ 導水管 約 16 km ・ 浄水施設 5.0 万m³/日（凝集沈殿急速濾過方式） ・ 送水管 約 3 km ・ 配水管 約 73 km <p>下水処理方法が変更された。他は計画通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 下水処理施設 6.0 万m³/日（ICEAS 法） ・ 河道整備 約 4.5 km ・ 排水管 約 8 km <p>下水処理方法が変更された。また、旅順開発区内の下水処理ニーズに対応するため、開発区内のポンプ場と排水管が増えた。他は計画通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプ場 14 ヶ所 （旅順開発区内で 5 ヶ所増） ・ 下水処理施設 3.0 万m³/日（A2O 法） ・ 排水管 計約 73km <ul style="list-style-type: none"> ➢ 市内から処理場へ約 53 km ➢ 処理場内 約 4 km ➢ 処理場から海の排水地点へ約 3km ➢ 海へ排水（海中）約 1km ➢ 旅順開発区内 約 12 km
② 期間	2001 年 3 月（L/A）～ 2003 年 9 月（全事業運用開始） （31 ヶ月）	2001 年 3 月（L/A）～ 2006 年 6 月（全事業運用開始） （64 ヶ月）
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	<p style="text-align: right;">3,309 百万円</p> <p>5,925 百万円（456 百万円）</p> <p style="text-align: right;">9,235 百万円</p> <p style="text-align: right;">3,309 百万円</p> <p style="text-align: right;">1 元＝13 円 （2001 年 3 月現在）</p>	<p style="text-align: right;">3,165 百万円</p> <p>6,060 百万円（433 百万円）</p> <p style="text-align: right;">9,225 百万円</p> <p style="text-align: right;">3,165 百万円</p> <p style="text-align: right;">1 元＝14.00 円 （2001 年～2006 年の単純平均）</p>

以上