

0. 要旨

本事業は、鞍山市の大気環境保全、水質環境保全、居住環境改善対策の強化を目指して実施された。調整を経て選定されたサブプロジェクトは中国の開発政策、開発ニーズ及び日本政府の援助方針に合致しており、本事業の妥当性は高い。事業実施による大気・水質汚染物質の削減効果及び上水供給の改善効果が顕著であり、サブプロジェクトに期待された効果はいずれも目標年での発現ができた。定量分析と受益者調査等を踏まえた定性分析により、本事業による大気、水質、居住環境の改善への貢献が認められると同時に、減少し続けてきた地下水資源の回復への貢献という正のインパクトも見られるので、有効性・インパクトは高いと判断される。効率性においては、事業費のインプットはスコープ変更後のアウトプットに見合ったものであったが、事業期間の延長は、「下水処理事業」のニーズ拡大への必要な対応による延長期間を差し引いてもなお計画を大幅に超過したと判断できるので、効率性は中程度である。事業の運営・維持管理体制は健全性と安定性が認められ、技術レベルの維持に係る取組が制度化されており、導入された設備の大部分は現在も有効に活用されている。財務面においては上水道整備事業の実施機関は水道料金が低いことにより当面経営赤字を抱えているが、今後新しい料金制度の導入により問題解決の見通しがついているため、本事業全体の持続性は高い。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



写真1 上水道整備事業で建設された浄水場

1.1 事業の背景

鞍山市は「国家環境保護 10.5 計画」¹で指定された全国 113 の環境保護重点都市であり、酸性雨の抑制など総合的な大気汚染対策の実施、とりわけ硫黄分を多く含む石炭を燃料とする大量の熱供給用小型ボイラーの存在や自動車交通量の増大などに伴い深刻化する大気汚染への対策が緊急な課題となっていた。また、妥当性の項で述べるとおり、2000 年における同市の一人当たり給水量は全国の都市平均値を下回っており、市街区では時間給水の制限および質の悪い地下水の飲用を余儀なくされていた世帯が多く、生活用水の供給における量と質の向上が求められていた。さらに、鞍山市を流れている遼河は「国家環境保護 9.5 計画」と同 10.5 計画において水質汚染対策の重点流域となっていた状況の中、同市市街区の下水処理率が極めて低かったことが遼河流域の水質汚濁に加担していたことから、水質汚染対策も急務となっていた。

以上の問題に対処するため、鞍山市政府は「鞍山市国民経済社会発展第 10 次 5 カ年計画綱要」において、熱供給、公共交通、上下水道等の環境基盤の整備を通じて、大気環境改善対策、水質保全対策、居住環境改善対策をさらに強化することとしていた。

1.2 事業概要

本事業は、遼寧省鞍山市において熱供給、公共交通、上下水道などの環境基盤の整備を行うことにより、大気環境保全対策、水質環境保全対策、居住環境改善対策の強化を図り、もって同市の持続可能な発展の促進に寄与することを目的とした。

本事業は当初、鞍山市における地域熱供給事業、都市鉄道改良事業、上水道整備事業と下水処理事業4つのサブプロジェクトで構成された。しかしながら、事業実施過程においてサブプロジェクトのキャンセルや差替えなどの変更が発生しており、当初想定された構成から大きく変更している。事業開始以降のサブプロジェクト構成の変更一覧と、報告書中のサブプロジェクトの呼称を以下に記載する。

¹ 「10.5 計画」は、「第 10 次 5 カ年計画」の略語であり、2001 年～2005 年期間の 5 カ年計画を意味する。中国では、後述するように全国の経済社会全分野をカバーする 5 カ年計画もあれば、全国範囲の分野別 5 カ年計画と地方の省・市別の 5 カ年計画もあり、その中、正式の名称でも「10.5 計画」という略語が使用されている。

表1 事業の概要

サブプロジェクト名	実施状況	事業概要
1. 地域熱供給事業	大幅な事業スコープの変更、一部スコープの稼働停止	当初の計画では、バイオブリケット ² 生産工場を建設し、通常の石炭に替えるよりクリーンな地域熱供給用ボイラー燃料を供給すると共に、燃焼効率の高い新型ボイラーの導入により既存の10トン未満小型ボイラーへの代替ならびに新開発区への熱供給を行うことが想定された。実績では、バイオブリケット工場の建設が取り消された一方、室内外導管と熱交換ステーションの増設が行われた。また整備された40トン型ボイラーの一部は稼働9年後に、ニーズの拡大に対応するための大型ボイラーの導入を受け稼働が停止された。
2. 都市鉄道改良事業	中止	老朽化した都市（路面）鉄道の現有施設を撤去し、新規施設を敷設することによる輸送力増強を通じてバス台数を削減する計画であったが、事業全体が中止となった。
3. 上水道整備事業	スコープ変更なし	既存の水源からさらに15km東方の細河に新たな水源を求め、湯河ダムまでの新規導水トンネルおよび浄水施設などを建設した。
4. 下水処理事業	事業スコープの追加	2002年3月から運転を開始する西部第2下水処理場第1期の隣接地における第2期の建設を行った。2009年12月の市全体の下水処理マスタープランの変更により、本事業の計画につき、新しくできた達道湾開発区の下水を本事業で建設した西部第2下水処理場にて処理することとなった。そのため、達道湾開発区から西部第2下水処理場に集水するパイプライン等の追加敷設が追加の円借款対象となっている。

円借款承諾額／実行額	14,525百万円／14,524百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002年3月29日／2002年3月29日
借款契約条件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 上水道整備事業以外：二国間タイド、金利0.75%、償還期間40年、据置期間10年 2. 上水道整備事業：一般アンタイド、金利1.7%、償還期間30年、据置期間10年
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／鞍山市人民政府
貸付完了	2012年4月25日
本体契約（契約金額10億円以上）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遼寧邁克集团有限公司（中国）： 地域熱供給事業におけるボイラー室と熱交換ステーション、ボイラー熱供給パイプ、上水道整備事業における導水管の調達。 2. 中鉄物総輸出入有限公司（中国）： 地域熱供給事業における車両、管網と下水道処理事業におけるセメント・鋼材の調達。 3. Nishihara Environment Technology Inc.（日本）／Hubei Rich States Industry Investment Co., Ltdの合弁企業（中国）（JV）：下水道処理事業における設備と材料の調達。
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	1. 地域熱供給事業 F/S（中国冶金建設集団鞍山焦化耐火

² 原料におがくずや稲わら、砕いたトウモロコシの芯などの植物性廃棄物（バイオマス）を15～20%混ぜ、脱硫のための消石灰を加えて、高压で成形した燃料のこと。

デイ： F/S) 等	材料設計研究総院と鞍山市熱力設計院、2001年5月) 2. 都市鉄道改良事業(北京市城建設計研究院、2001年5月) 3. 上水道整備事業(中国市政工程東北設計院、2001年5月) 4. 下水処理事業 F/S(中国冶金建設集團鞍山焦化耐火材料設計研究総院、2001年3月)
関連事業	1. 円借款案件：「三都市上水道整備事業(天津、合肥、鞍山)」(1990年度実施)のサブプロジェクトとしての鞍山市上水道整備事業 2. 世界銀行融資案件： 1) 「遼寧省環境整備事業(1995年)」の一環としての「鞍山西部第1下水処理場建設事業」 2) 「遼寧省都市交通整備事業(1999年)」の一環としての「鞍山市都市交通改造事業」 3. 「EU-中国遼寧総合環境事業」(1999年10月から始まった)7つのサブプロジェクトのうち、以下3つが鞍山市もプロジェクトサイトとした。 1) クリーンな生産 2) 大気品質管理 3) 能力向上

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

石里 宏 (アイ・シー・ネット株式会社)

2.2 調査期間

今回の事後評価に当たっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2014年8月～2015年11月

現地調査：2014年11月2日～15日、2015年3月23日～28日

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) 審査時の開発政策

中国政府は、2001年3月に策定・公表した「国民経済社会発展第10次5カ年計画綱要」（以下「10.5計画」という）により、2001～2005年の中国の国民経済と社会発展のあり方について、①経済成長、②構造調整、③改革・開放、④科学技術の発展、⑤国民生活水準の向上、⑥経済と社会の協調的発展の促進を6つの重点課題として打ち出した。本事業の目的はそのうち特に、⑤国民生活水準の向上、⑥経済と社会の協調的発展の促進に合致するといえる。

また、同年に発表された「国家環境保護10.5計画」（2001～2005年）では、大気と水質汚染物質の排出に係る総量制限の目標、及び二酸化硫黄（SO₂）、煤塵と工業粉塵、化学的酸素要求量（COD）、アンモニア窒素などの削減目標が設定されていた。本事業が期待する環境改善効果は、そのうちSO₂、煤塵、CODの3種類を含んだものであり、本事業が中国の国家レベルの目標に合わせて計画されたことが分かる。

(2) 事後評価時の開発政策

本事業実施以降の2006年に発表された「国民経済社会発展第11次5カ年計画綱要」（2006～2010年）（以下「11.5計画」という）と第12次5カ年計画（2011～2015年）（以下「12.5計画」という）では、構造調整、改革・開放、科学技術の発展と国民生活水準の向上などが引き続き重点課題として位置づけられる一方、経済成長が重点課題から外され、資源と環境保全問題が新たな重点課題として追加されており、本事業の目的である環境改善のニーズが高まっていることが分かる。

また、「国家環境保護11.5計画」（2006～2010年）では、CODとSO₂の2種類のみが対象となったが、同12.5計画（2011～2015年）では、この2種類の指標に加えて、アンモニア窒素とNO_xも削減目標設定の対象となり、環境保護対応の厳格化が進んでいる。これらの指標はいずれも本事業の効果指標として設定されており、本事業とこれら国家計画との整合性の高さがうかがえる。

以上のように、事後評価時の中国の開発政策における環境保全問題の位置づけは審査時よりさらに高まり、環境規制の度合いも一層強まっている。本事業の目的は、事後評価時においても開発政策との整合性が高いといえる。

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

(1) 審査時の開発ニーズとの整合性

90年代以降の鞍山市では、工業化の進展や工場設備の老朽化、硫黄分を多く含む石炭を燃料とする多数の小型ボイラーによる熱供給、自動車交通量の増大などに伴い大気汚染が深刻化し、早急な大気環境改善が必要となっていた。このために、同市は「国家環境保護10.5計画」において全国113の環境保護重点都市の一つとして指定されており、酸性雨の抑制など総合的な大気汚染対策の実施が求められていた。

同市においては、2000年の一人当たり給水量は171 ℓ/日と全国の都市平均の220ℓ/日を下回っていた⁵。市街区の70%で時間給水を余儀なくされており、市民生活を脅かす状況となっていた。また、同市立山区の住民25万人がマンガン・鉄成分の高い地下水を飲用せざるを得ない状況であり、水源の地表水への転換が不可欠な措置と見られていた。

また、鞍山市を流れる遼河は、「国家環境保護 9.5 計画」（1996～2000 年）と同 10.5 計画において全国の水質汚染対策の重点流域として指定されていたが、同市市街区の下水处理率は 6.1%にとどまり、未処理の排水が直接放流され、市内河川の水質が国家水質環境 V 類基準（最悪区分）⁶を超えるなど、遼河流域の水質汚濁の原因の一つとなっており、水質改善対策が急務となっていた。

上述した鞍山市の開発ニーズに対応すべく、本事業の 4 つのサブプロジェクトは熱供給、公共交通、上下水道などの環境基盤の整備を通じて、大気環境保全対策、水質環境保全対策、居住環境改善対策を強化するものとして選定された。したがって、本事業は審査時の開発ニーズと整合していたといえる。

(2) 審査時におけるサブプロジェクト選定の理由

審査時における各サブプロジェクトの選定の理由は表 2 のとおりであった。

⁵ ここに示されている「一人当たり給水量」の数値は住民世帯の生活用水のみならず、銭湯やレストランの水使用量も含めたいわゆる「大生活用水」（広義の生活用水）をベースとする平均値である。

⁶ 中国国家環境保護総局と国家質量監督検査検疫総局が発布した国家標準「地表水環境質量標準」（GB3838-2002）では、地表水の水質が I～V の 5 つの種類に区分され、V 類の水質が最悪である。

表 2 審査時における各サブプロジェクトの選定の理由

サブプロジェクト	主要項目	選定理由
地域熱供給事業	バイオブリケット工場の建設	当時主流であった 10 トン以下ボイラーによりクリーンな燃料を提供することにより、SO ₂ 排出量の削減を図った。
	40 トン型ボイラーの導入	80%以上の高い熱効率、及び 80 トン以上大型ボイラーより高い技術的安定性の 2 点を考慮し、技術仕様が決定された。
都市鉄道改良事業	既存線路の延長と関連設備の増設	鉄道の輸送効率と環境保全効果は、省エネ・環境型バスの導入という選択肢よりも優れていた。
上水道整備事業	15 万トン浄水場の建設	水質の悪い地下水を飲用していた立山区の住民 25 万人とその他地域住民への安全な地表水の提供を図った。
	細河～湯河ダム導水トンネルの建設	鞍山市唯一の大型地表水源地である湯河ダムの水量を維持するために必要な措置とされた。なお、細河からの導水は毎年豊水季に限定し、細河下流地域の水供給への影響はないと判断された。
下水処理事業	20 万トン下水処理場の建設	下水処理能力 30 万トン/日という同地域将来のニーズに対し、既に 10 万トン/日処理能力の下水処理場が存在した。

出所：実施機関へのヒアリング

(3) 実施開始後におけるスコープ変更の理由

本事業の 4 つのサブプロジェクトのうち、「地域熱供給事業」と「都市鉄道改良事業」にはキャンセルやスコープの大幅な変更が生じた。「地域熱供給事業」では、予定されたバイオブリケット工場が機材調達及び工事の実施前にキャンセルされ、また、導入された 40 トン型ボイラーの一部が一定期間の稼働を経て停止した。「都市鉄道改良事業」では機材調達及び工事の実施前に事業全体がキャンセルされた。こうしたスコープ変更の原因は以下の表 3 のとおり。

表3 一部サブプロジェクトにおけるスコープ変更の理由

	スコープ変更	スコープ変更の原因
地域熱供給事業	バイオブリケット工場建設が工事等の実施前にキャンセルされた。	<ul style="list-style-type: none"> 事業開始後、中国全土で分散型・小型ボイラーの集中型・大型への転換という動きが現れた。 都市化の進展に伴う鞍山市周辺農村地帯の縮小により、バイオブリケットの原材料である農作物わらの調達コストが急騰し、採算が合わなくなるとの懸念が生じた。
	40 トン型ボイラー11 台のうち、6 台が9 年間の稼働を経て停止した。	<ul style="list-style-type: none"> 審査時に本事業の対象地域 2 カ所のうち、「高新区」で必要と想定された 200 万 m² の熱供給面積（40 トン型 6 台で対応）は、経済成長と都市化の進展に伴い、現在 920 万 m² 以上まで拡大しているため、より大規模なボイラーが必要となり、実施機関は 2012 年頃から相次いで 80～140 トン型ボイラーを導入し、熱供給システムの大型化を進めている。
都市鉄道改良事業	工事等の実施前に全サブプロジェクトがキャンセルされた。	<ul style="list-style-type: none"> 国有企業改革の一環として、本来通勤支援対象とされた鞍鋼の従業員が大量に削減され、人員の転勤と再就職が生じたことに加え、市街地生産企業の郊外への大規模な移転が行われた結果、乗客の流れが大きく変わり、当初設計された都市鉄道の線路がこれに対応できなくなった。 2003 年中国国務院が発表した都市鉄道の整備に関する基準によると、市の基礎財政収入年間 60 億元以上、都市部人口 150 万人以上などが必須条件となったが、当時の鞍山市基礎財政収入（35 億元）と人口（145 万人）の規模がいずれも基準を満たさなかった。

出所：実施機関へのヒアリングと JICA 提供資料

上記スコープ変更の各種理由の背後には、中国における省エネ・環境規制の厳格化⁷、中央政府の政策変更⁸、経済成長と都市化の進展にもたらされた外部条件の変化等が影響したものと考えられる。

例えば、バイオブリケット工場については、当初 10 トン以下の小規模ボイラーへクリーンな燃料を供給することを目的としていたが、10 トン以下の小規模ボイラーは、1996 年の「中国省エネ技術政策大綱」で設定された熱効率 75～80% の目標には達していないため、実際には中長期的には淘汰される可能性が高いものであった。これらの事業スコープが計画された経緯について現地を確認したところ、熱効率 75～80% の目標達成に向けた強制力を持たなかったことに加え⁹、当時大量に存在した小型ボイラーにクリーンな燃料を提供する緊急性の高さを考慮し、選定されたことが確認された。

このようなスコープの変更は、中国の政策やニーズの変化に必要な対応でありやむを得ない面が認められ、後述のように、事業スコープの一部においてキャンセルや事

⁷ 「中国省エネ技術政策大綱」における熱効率の目標設定に加え、2004 年の国家発展改革委員会「省エネ中長期特別計画」では、既存の分散型・小型熱供給石炭ボイラーを集中型に改造し、都市部集中型熱供給普及率を 2002 年の 27% から 2010 年の 40% に高める目標も打ち出され、また、2014 年の国家環境保護部「ボイラー大気汚染物排出基準」により、10 トン以下石炭ボイラーは全て排除されることとなった。

⁸ 当時国家経済貿易委員会が進めていた国有企業改革とリストラに係る政策措置及び国務院の「都市快速軌道交通建設管理の強化に関する通知」は、鞍鋼の大規模なリストラの実施と都市鉄道事業の差止の根拠となった。

⁹ 10 トン型以下のボイラーの熱効率がわずか 60% 前後で、1996 年に発表された「中国省エネ技術政策大綱」で設定された 75～80% の目標に届かなかったが、この目標が強制的でなかったことは、小型ボイラーが大量に温存された理由の一つとなった。

業完成後の稼働停止などが発生したことは、効率性や有効性に大きな影響を与えていない。

(4) 事後評価時の開発ニーズとの整合性

鞍山市は、大気中の SO₂ 濃度の指標が 2008 年以降国家標準二級 (0.06mg/Nm³) を達成したものの、「国家環境保護 11.5 計画」と同 12.5 計画では、引き続き全国環境保護重点都市として指定されており、大気環境改善の必要性が依然として高い。水質環境に関しては、2011 年 1 月に発表された「鞍山市国民経済と社会発展 12.5 計画綱要」では、「都市給排水システムの完備」は重点課題の一つとなっており、24 時間給水と高い水質総合合格率の維持は依然として鞍山市の重要な取り組みである。また、「国家環境保護 12.5 計画」においても遼河が水質汚染対策の重点流域となっており、下水処理は引き続き水質汚染対策の不可欠な施策として位置付けている。したがって、本事業が目指している大気環境、水質環境と居住環境（水供給）の改善は事後評価時の開発ニーズにも合致している。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府は、対中 ODA 見直しの議論を踏まえ、「対中経済協力計画」を 2001 年 10 月に公表し、「汚染や破壊が深刻になっている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」との方針を打ち出していた。本事業の目的はこうした日本の対中援助政策との整合性も明らかである。

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、事業の選定と選定のプロセスも適切であり、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、及び差異の理由は表 4 にまとめる。

サブプロジェクト 4 件のうち、「都市鉄道改良事業」が中止、他 3 件のうち、2 件は計画時とスコープが大きく変更されているため、単純な比較は難しい。ただし、最終的なアウトプットはほぼ修正された計画に沿って整備され、大きな乖離は生じていない。また、スコープの変更は「妥当性」で説明したとおり、中国における省エネ・環境規制の厳格化、中央政府政策の変更、経済成長と都市化の進展に伴う外部条件の変化への必要な対応であり、変更は機材調達と工事実施前に発生し、本事業の効率性に大きな影響を与えなかった。また後述のとおり、事業期間の延長は他の原因によるものである。そのため、変更は適切であると判断される。なお、主な変更は中国政府と JICA との間の正式な合意があり、変更の手続きも適切といえる。

「地域熱供給事業」では、「妥当性」で示した理由により、バイオブリケット工場建設の部分が取消となり、ボイラーの設置台数が実際の熱供給面積(2地域で360万m²)に合わせて計画の22台から11台に減少した。また上述のとおり、これらのボイラーの一部は稼働開始後約9年間で停止し、より大規模なボイラーに代替されることになった。これら稼働停止となったボイラー6台の費用は本サブプロジェクト投資総額の1.3%、円借款額の2.3%を占めるもので¹⁰、事業費ベースでは大きな変更ではない。一方で、将来のニーズ拡大を見込んで、必要なインフラ施設を地上建造物の工事が始まる前に一括整備したほうが合理的との判断がなされ、屋内外導管の長さや熱交換ステーションの数は計画から増加した。

その他、「上水道整備事業」、「下水処理事業」はいずれも計画通りに実施された。加えて「下水処理事業」では、新しい経済開発区の設立に伴うニーズの拡大に応じて下水集水管網と関連設備の設置が追加された。

¹⁰ 40トン型ボイラーの単価は2,400万円、6台の費用は合計1.44億円で、本サブプロジェクト実績投資総額(111.02億円)の1.3%、円借款部分(61.82億円)の2.3%を占める。

表4 本事業のアウトプット（計画と実績）

	計画	実績と差異の理由
1.地域熱供給事業	<ul style="list-style-type: none"> ● バイオブリケット製造工場（年産 60 万トン） ● 熱供給用ボイラー（40 トン型）20 台 ● 屋外・屋内導管約 160km ● 熱交換ステーション 14 カ所 	<ul style="list-style-type: none"> ● バイオブリケット製造工場の建設：取消（取消の理由：表 2 参照） ● 熱供給用ボイラー（40 トン型）11 台（実際の熱供給面積に鑑みて 11 台で十分との判断より、11 台に減少。） ● 屋外・屋内導管約 447km ● 熱交換ステーション 43 カ所（将来のニーズ拡大に備えて、屋内外導管と熱交換ステーションの数を増加。）
2.都市鉄道改良事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 路線延長：本線延長約 13km、その他（車両基地への引込線等）約 6km ● トンネル：1 カ所（約 1km） ● 高架：2 カ所（計約 0.5km） ● 旅客駅新設：17 カ所（地下駅：2、高架駅：4、地上駅：11） ● 車両基地：新設 1 カ所、拡張 1 カ所 ● 変電所 6 カ所、通信・信号、車両 44 両 	<p>取消</p> <p>（取消の理由：表 2 参照）</p>
3.上水道整備事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 導水施設： 導水トンネル 15.3km ● 浄水施設： 浄水場増設 15 万 m³/日、 ブロック形成池 2 カ所 沈殿池 2 カ所 急速ろ過池 10 カ所 浄水池 1 カ所 送水ポンプ 3 台 汚泥処理場 1 カ所 ● 送配水施設： 配水池 1 カ所 ポンプ場 1 カ所 送配水管 24.3km 	<p>計画どおり実施</p>
4.下水処理事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理場 20 万 m³/日 ポンプ場 1 カ所（20 万 m³/日） 一次沈殿池 4 カ所 反応池 1 カ所 二次沈殿池 4 カ所 汚泥処理施設（コンベヤー式凝縮脱水機 4 台） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水処理場 20 万 m³/日 ポンプ場 1 カ所（20 万 m³/日） 一次沈殿池 4 カ所 反応池 1 カ所 二次沈殿池 4 カ所 汚泥処理施設（コンベヤー式凝縮脱水機 4 台） ● 下水集水管網 60.7km 排水汲み上げポンプ 3 台 調節池 2 カ所 （下水集水管網などの追加は、2006 年達道湾開発区整備計画の策定とこれに対応した 2009 年鞍山市汚水処理場マスタープランの改定に伴うニーズの拡大によるもの）

出所：実施機関へのヒアリングと JICA 内部資料

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

本事業の計画の総事業費は 39,339 百万円、うち外貨 14,525 百万円、内貨 1,654 百万円であり、外貨分は全額円借款で調達されることとなっていた。

本事業の実績の総事業費は 25,228 百万円、うち外貨 14,525 百万円、内貨 778 百万円であり、外貨分は全額円借款で調達された。内貨部分の大幅な減少により、総事業費の実績が計画より 35.9%も減少したが、そもそも事業スコープの変更によりアウトプットが減少したため、単純比較はできない。そこで、総事業費の実績金額とスコープ変更後の概算額とを比較することとした。その結果は表 5 に示すように、内貨と外貨部分を含めた総事業費の実績はスコープ変更後の概算額より低いので、事業費のインプットはアウトプットに見合ったものといえる。

表 5 スコープ変更後の事業費概算金額と実績金額の比較（単位：百万円）

サブプロジェクト	計画総事業費		スコープ変更後の総事業費			
	スコープ	金額	スコープ	概算	実績	比較
地域熱供給事業	バイオブリケット工場 (設備・材料費、予備費)	1,462	バイオブリケット工場 (取消)	0	0	0
	ボイラー20台 (設備、予備費)	541	ボイラー11台 (設備、予備費)	297	N.A.	N.A.
	熱交換ステーション 14カ所 (設備、予備費)	395	熱交換ステーション 43カ所 (設備、予備費)	1,214	N.A.	N.A.
	屋内外熱導管 160km (設備、予備費)	2,130	屋内外熱導管 447km (設備、予備費)	5,949	N.A.	N.A.
	その他 (土木建設、設備据付、予備費等)	8,899	その他 (土木建設、設備据付、予備費等)	4,921	4,921	0
	計	13,427	計	12,381	11,102	-1,279
都市鉄道改良事業	鉄道線路の延長など (予備費含み)	13,241	取消	0	0	0
上水道整備事業	導水施設、浄水施設、送配水施設 (予備費含み)	6,363	計画のとおり	6,363	5,440	-923
下水処理事業	下水処理場 (関連施設と予備費含み)	6,309	下水処理場 (関連施設と予備費含み)	6,309	N.A.	N.A.
			下水集水管網 60.7km、排水汲み上げポンプ 3台、調節池 2カ所	2,102	2,102	0
	計	6,309	計	8,411	8,685	274
合計		39,340	合計	27,188	25,298	-1,928

出所：JICA 資料と実施機関回答結果に基づき作成

注：「概算」欄の数字は「計画総事業費」各項目既存の単価又は総額と総量（台数、長さ等）により推計した単価に基づき算出された。ただし、「地域熱供給事業」の「その他」概算額は実施機関から提供された実績金額、「下水処理事業」の「下水集水管網等」の追加設備の概算額は後述第 2 回貸付実行期限延長に対する JICA の決裁書で承認された金額をそれぞれ使用している。

3.2.2.2 事業期間

審査時計画の事業期間 2002 年 2 月～2006 年 10 月（57 カ月）に対して、実績では 2002 年 2 月～2012 年 4 月（123 カ月／計画比 216%）と計画を大幅に上回った。

表 6 事業期間（計画と実績）

	計画	実績	実績/計画
1.地域熱供給事業	2002 年 2 月～2006 年 10 月 (4 年 9 カ月：57 カ月)	2002 年 2 月～2004 年 11 月 (2 年 10 カ月：34 カ月)	59.6%
2.都市鉄道改良事業	2002 年 3 月～2006 年 3 月 (4 年 1 カ月：49 カ月)	取消	—
3.上水道整備事業	2002 年 3 月～2005 年 9 月 (3 年 7 カ月：43 カ月)	2002 年 8 月～2010 年 1 月 (7 年 6 カ月：90 カ月)	209.3%
4.下水処理事業	2003 年 2 月～2005 年 12 月 (2 年 11 カ月：35 カ月)	2004 年 1 月～2012 年 4 月 (8 年 4 カ月：100 カ月)	285.7%
合計	2002 年 2 月～2006 年 10 月 (4 年 9 カ月：57 カ月)	2002 年 2 月～2012 年 4 月 (10 年 3 か月：123 カ月)	215.8%

出所：JICA 資料と実施機関に対するヒアリング

本事業の円借款貸付実行期限は 2 回延長された。最初の延長は①フィージビリティ・スタディ報告書（以下「F/S 報告書」という）承認¹¹の遅延、②重症急性呼吸器症候群（SARS）の発生¹²、③土地管理法関連の申請手続¹³、④導水管敷設関連の用地取得の交渉と手続きの長期化、⑤雪害の影響等によるもので、2 回目の延長は「下水処理事業」の追加設備据付によるものである。貸付期限延長に至ったサブプロジェクト毎の具体的な原因については以下で分析する。

本事業で実際に事業期間が延長となったのは「上水道整備事業」と「下水処理事業」の 2 件である。「上水道整備事業」の場合、計画では 2002 年 2 月から始まると予定された詳細設計は F/S 報告書承認の遅延により、実際に始まったのは 2003 年 8 月であった。そして、2003 年から発生した SARS の影響により、詳細設計とその後の機材入札がそれぞれ予定より 11 カ月、3 カ月遅延した。また、2005 年 3 月に発生した雪害の影響及び導水管敷設に必要な用地取得の交渉と関連手続き（詳細は後述「住民移転・用地取得」を参照する）のため、工事の実施期間は予定より 7 カ月延長した。「下水処理

¹¹ F/S 報告書は実施機関→鞍山市発展改革委員会→遼寧省発展改革委員会→国家発展改革委員会のルートで国家発展改革委員会に提出してから、同委員会は指定した専門機関に評価を依頼し、評価結果に基づき承認決定を下した。

¹² 各種報道によると、SARS は 2002 年 11 月に中国広東省から最初の感染者が出たが、その後の半年間で全国 25 の省・市・自治区に蔓延し、2003 年 8 月 15 日の時点で全国の SARS 患者数が 5,327 人、死者が 349 人に達した。感染者発現のピークは同年 5 月であったが、2004 年 4 月北京にはまた新たな疑似感染者が出たため、SARS の影響が 1 年以上にも達した。また、北京と広東を含めた一部の地域が一時的に世界保健機関（WHO）指定の疫病発生地域にもなった。SARS 発生の期間中、病院における感染者・疑似感染者の隔離、及び感染者の出た区域（住宅団地、大きなビル、工場、機関、施設毎）の一時的な封鎖など全国的に物々しい雰囲気の中、数カ月の間に企業間人員の往来ができず、多くの工場の操業も停止したため、感染者の出た地域におけるビジネス活動がほとんど中止となった状況であった。

¹³ 2004 年 8 月の新しい「土地管理法」の施行に伴い、土地使用の適法性に関する審査・承認のための申請と一連の調査・審査・承認の手続きが必要となった。

事業」の場合、F/S 報告書承認の遅延と SARS の影響により詳細設計の着手が計画より 1 年間遅れ、詳細設計の所要期間も予定の 4 カ月より 8 カ月長くなった。加えて、その後の土地管理法関連の審査手続きと雪害影響のために機材入札の実施時期が計画より 3 年 2 カ月（38 カ月）も遅れ、その結果、当初予定された下水処理場土木建設と設備据付工事の完成時期は計画より 4 年 2 カ月（50 カ月）も遅れた。上記各種事情に起因したサブプロジェクト実施の各段階での遅れに鑑みて、JICA は中国政府と協議した上、貸付実行期限を当初予定された 2008 年 10 月 25 日から 2010 年 10 月 25 日に延長した。

こうした貸付実行期限の第 1 回延長で承認された延長期限の前に、上記 2 つのサブプロジェクトの事業実施が予定通りに完成したが、「下水処理事業」については 3.2.1 で述べた新たなニーズに対応するためにスコープの拡大が必要となったことから、JICA は再度中国政府との協議を経て貸付実行期限を 2012 年 4 月 25 日へと第 2 回目の延長をした。

上記 2 回にわたった貸付実行期限の延長に至った経緯について、「効率性の評価判断に際しては外部要因を考慮しない」という原則に従い、第 1 回目の延長は効率性の評価判断において根拠の一つとなるが、「下水処理事業」のスコープ拡大を原因とする第 2 回延長は単純な外部要因によるものではなく、新しいニーズへの対応と既存施設の処理能力の有効利用を目的とする必要な措置であり、延長は手続きのみならず、延長の決定自体も適切であったことから、評価判断の根拠としないほうが妥当と思料する。しかし、事業期間に対する評価に際してこの点を考慮する場合、第 2 回延長で承認された延長期間（2010 年 10 月 25 日～2012 年 4 月 25 日）を評価判断の対象から外しても、本事業の事業期間の実績は 2002 年 2 月～2010 年 10 月の計算で、8 年 9 カ月（105 カ月）で計画（57 カ月）の 184%となる。

3.2.3 内部収益率（参考数値）

事後評価時における内部収益率（IRR）の計算結果は以下のとおりである。

「地域熱供給事業」では、導入された 40 トン型ボイラーの一部が早期に稼働停止されたことで、当初の事業スコープに基づく IRR は計算することができなかった。このため参考値として、稼働停止後淘汰された 40 トン型ボイラーの代替として整備された 80～140 トンボイラーの導入コストも含めて FIRR を再計算することで、事業の効率性の検証を試みた。その結果、追加設備の投資コストが増加した一方、熱供給料金収入には変更がないため、FIRR はマイナス 14.35%という結果となった。

「上水道整備事業」では、現行の水道料金が低すぎるのが原因で、FIRR がマイナス 2.65%という結果となった。「下水処理事業」の場合、現行の下水処理料金の水準と運営・維持管理コストとのギャップがさらに大きく、FIRR は算出できなかった。

以上のように本事業は IRR の観点からはいずれもマイナスの結果が出た。これらの結果はむしろ有効性や持続性において考慮が必要であり、それぞれの評価判断においてこれらの結果を加味する。

総じて、本事業ではスコープの大幅な変更が生じたが、これらの変更はニーズの変化への必要な対応で適切であり、事業費のインプットは変更後のアウトプットに見合ったものである。一方、事業期間の延長は延長が適切と考慮できる部分を除いても計画の 150% 超となる。総合的に、効率性は中程度である。

3.3 有効性¹⁴（レーティング：③）

3.3.1 定量的効果（運用・効果指標）

妥当性の分析で明らかのように、本事業 4 つのサブプロジェクトのうち、キャンセルされた「都市鉄道改良事業」を除き、現在稼働しているのは 3 つとなっている。事業開始以降現在までの各サブプロジェクトの設備稼働状況を表 7 に示す。

表 7 各サブプロジェクト主要設備の稼働状況

サブプロジェクト	主要設備	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
地域熱供給事業	40t 型ボイラー	■	■	■	■	■	■	■	■	■	△
	室内外導管	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	熱交換設備	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
上水道整備事業	浄水場						■	■	■	■	■
	導水トンネル						■	■	■	■	■
下水処理事業	下水処理場						△	△	■	■	■
	下水集水管網								■	■	■

注：■は完全稼働、△は不完全稼働

以下、各サブプロジェクトの運用・効果指標を具体的に分析する。

(1) 地域熱供給事業

本サブプロジェクトで導入された 11 台の 40 トン型ボイラーは鞍山市内「高新区」と「営城子」2 つの地域のボイラーハウスにそれぞれ 6 台と 5 台配置されていた。本サブプロジェクトの実施機関である鞍山市熱力総公司是現在 13 軒のボイラーハウスを運営しており、2013 年の時点では合計 2,100 万 m² の住宅面積¹⁵に熱を供給しているが、本サブプロジェクトのボイラーによる熱供給面積は 2 カ所で合計 360 万 m²、同社

¹⁴ 有効性のサブレーティングはインパクトを考慮した上で行う。

¹⁵ 中国では熱供給の規模は供給対象世帯の住宅面積で示す。

が運営している総面積の約 6 分の 1 に相当する。また、鞍山市全 35 社の熱供給会社による熱供給面積 6,300 万 m² に対し、熱力総会社は全体の 3 分の 1、本事業は全体の 5.7% を占める。

運用・効果指標は表 8 に示す。

表 8 地域熱供給事業の運用・効果指標（鞍山市「高新区」と「営城子」両地域）

指標	審査時設定数値		実績値					
	基準値 (2000年) 審査年	目標値 (2007年) 完成1年後	2005 完成1年後	2010 完成6年後	2011 完成7年後	2012 完成8年後	2013 完成9年後	2014 完成10年後
ボイラー-石炭消費 量(Kt/年)	160	115	115	115	115	115	115	51
稼働中40t型ボ イラー台数(台)	0	11	11	11	11	11	11	5
熱供給総面積 (万m ²)	0	360	360	360	360	360	360	160
熱供給世帯(千 戸)	0	36	36	36	36	36	36	16
年間熱供給量 (Gcal/年)	0	126	126	126	126	126	126	56
SO ₂ 排出量 (トン/年)	3,955	887	543	380	362	450	466	N.A

出所：鞍山市熱力総会社と鞍山市環境保護局

注 1：鞍山市の熱供給ボイラーの稼働時期は毎年 11 月 1 日～翌年 3 月 31 日の期間である。

注 2：熱供給総面積のうち、「高新区」の 200 万 m² と「営城子」の 160 万 m² が含まれる。

ボイラーの石炭消費量、運転中のボイラー台数と熱供給総面積等の運用指標をみると、2005 年～2013 年の 9 年間に於いて、導入された 11 台の 40 トン型ボイラーはフル稼働しており、審査時に設定された完成 1 年後（2007 年）の目標値が 2005 年に達成された¹⁶。また、「妥当性」で説明された原因により、11 台のボイラーのうち、2014 年以降運転を継続しているのは「営城子」に配置された 5 台である。なお、同地域は居住人口が定着している旧市街地であり、熱供給面積も安定しているため、これらのボイラーが今後さらに大規模なボイラーに取って代わられる可能性は極めて低いことが確認された。

本サブプロジェクトの完成後 1 年の 2005 年における SO₂ 排出量¹⁷ は目標値を下回り、14 年に一部の稼働が停止するまで、目標値以下の水準を維持してきたとみられる。本サブプロジェクトのボイラーのうち 6 台は予定より早く稼働停止となったが、これらの設備の供用期間における効果発現が認められたこと、残りの 5 台のボイラーと、サブプロジェクト投資額の大半を占める室内外熱導管や熱交換ステーションなどの設

¹⁶ 本サブプロジェクトは審査時の計画より 2 年早く完成した。

¹⁷ このデータは、本サブプロジェクトの 40 トン型ボイラー 11 台のうちの 6 台が設置された「高新区」のボイラーハウスに近い環境保護局の観測点から入手したものである。周辺にはその他のボイラーハウスや工場も存在しており、本サブプロジェクトで導入された全設備の効果のみを示すものではないが、一定の関連性を推測することは可能である。

備が継続的に稼働していること、これらの設備を活用し、実施機関が自己資金で導入した大型ボイラーがより効率的な熱供給を行うことで、全体としての有効性は高まっていることを考慮すれば、本サブプロジェクトの有効性は、一部設備の稼働停止はあったものの、当初期待された効果を維持しているといえる。一方、前述した IRR の分析結果により、今後の効果について追加投資分を入れると IRR はマイナスとなり、投資効率は高いとは言えない。ただし、稼働期間中の効果が明確であること、また、淘汰されたアウトプットは事業費ベースでは比率が小さいことから、本サブプロジェクトはある程度の効果発現があったと思料する。



写真2 「高新区」のボイラーハウスに設置された40トン型ボイラー

写真3 本サブプロジェクトで建設された15万トン/日浄水場

(2) 上水道整備事業

本サブプロジェクトで計画された15万 m^3 /日の浄水場は、1990年の円借款事業「三都市上水道整備事業（天津、合肥、鞍山）」で整備された第1期浄水場に隣接する。表9に記載の通り、本サブプロジェクトは期待された効果が発現しているといえる。

本サブプロジェクト実施の主要目的の一つである時間給水制限の解消が実現したことは高く評価できる。本サブプロジェクトの対象地域（立山区と鉄西区の一部）を含めた鞍山市全市では、事業完成年の2010年に24時間給水が達成された。また、全市における無収水率¹⁸、平均給水量、水質総合合格率、水道普及率などの効果指標は全て完成年の時点で目標値を実現した。

¹⁸ 「無収水率」の国家業種基準は18%（「都市供水管網漏損制御及び評価基準」Cjj92-2002）となっているが、実施機関によると、寒さの厳しい東北地方では、給水パイプが地上に敷設できず、すべて地下に埋設されており、通常の点検と保守の実施が困難なため、無収水率が他地域より格段に高い。都市部では平均水準が35%と見られていることから、本事業については2000年より毎年1.2%の削減を目標としており、現在30.2%まで低下している。

表9 上水道整備事業の運用・効果指標（鞍山市）

指標	審査時設定数値		実績値				
	基準値 (2000年) 審査年	目標値 (2005年) 完成年	2010年 完成年	2011年 完成1 年後	2012年 完成2 年後	2013年 完成3 年後	2014年 完成4 年後
全市給水人口（万人）	131	144	145.21	145.61	144.43	144.92	155.32
全市給水世帯（万戸）	48.5	52	52.41	53.38	52.4	52.4	58.24
全市給水時間（時間/日）	12	24	24	24	24	24	24
全市無収水率（%）	41	39	38	37	35	33	30
全市平均給水量（L/人・日）	85	110	115	115	115	115	120
水質総合合格率（%）	99.4	99.5	99.7	99.7	99.9	99.9	99.9
水道普及率（%）	90	95	100	100	100	100	100

出所：鞍山市自来水総公司

注1：「平均給水量」は住民世帯の日常生活用水であり、銭湯やレストランなどを含めたいわゆる「大生活用水」（広義の生活用水）ではない。

注2：「総合水質合格率」は国家標準「生活飲用水衛生標準」（GB-5749）で規定された指標であり、一般細菌の総数、総大腸菌群、残留塩素、汚濁度、色度、臭いと味、COD およびその他 35 項目の数値（合計 42 項目）の加重平均である。

(3) 下水処理事業

本サブプロジェクトの運用指標である下水処理量、下水処理地域、施設利用率、効果指標の下水道普及率、化学的酸素要求量 (COD)、生物学的酸素要求量 (BOD)、浮遊物質 (SS)の排出量と濃度については 2012 年時点でいずれも完成年の目標値を達成した。



写真4 「達道湾下水処理場」¹⁹の
一次沈殿池



写真5 本サブプロジェクトで追加設置
された排水汲み上げポンプ

¹⁹ 審査時に「西部第2下水処理場」と呼ばれたが、2008年に「達道湾下水処理場」に改名された。

表 10 下水処理事業の運用・効果指標（鞍山市達道湾下水処理場）

指標	審査時設定数値		実績値				
	基準値 (2000年)	目標値 (2005年) 完成年	2010 年	2011 年	2012年 完成年	2013年 完成1年後	2014年 完成2年後
下水処理量 (万 m ³ /日)	2	20	14	16	17.5	18.3	18.2
下水処理地域 (km ²)		48	48	48	48	48	48
施設利用率 (%)		100	70	80	100	100	100
下水道普及率 (%)		100	90	95	100	100	100
COD 排出量 (t/年)	31,390	8,760			4,407	4,809	2,431
COD 濃度 (mg/L)	430	100			69	72	36.6
BOD 排出量 (t/年)	11,680	2,190			639	735	392
BOD 濃度 (mg/L)	160	30			10	11	5.9
SS 排出量 (t/年)	22,484	2,190			958	868	438
SS 濃度 (mg/L)	308	30			15	13	6.6

出所：鞍山市達道湾下水処理場

注 1：2014 年の汚染物排出量と濃度のデータは同年 10 月までの測定数値である。濃度のデータは出口での測定値である。

注 2：「下水道普及率」は鞍山市全体の数値である。

3.3.2 定性的効果

審査時に想定された定性的効果は、公害対策に資する効果、居住環境改善効果、温暖化対策効果の 3 つではあるが、本事業のインパクトに該当するため、次節でまとめて分析する。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

(1) 公害対策に資する効果

審査時に想定された公害対策に資する効果は、集中的熱供給のボイラー用燃料の転換による脱硫効果と下水処理場の建設による市内河川の水質汚濁の改善効果の 2 つが含まれていたが、前者については、バイオブリケット工場建設計画の取消とその後の 10 トン以下小型ボイラーの撤廃により、実際には燃料の転換による脱硫効果ではなく、むしろボイラーの大型化による燃焼効率の向上及びこれを通じた SO₂ 排出削減効果に変化している。以下、上述 2 つの効果を分析する。

① 燃焼効率の向上による SO₂ 排出削減効果

前掲表 8 に見るように、本サブプロジェクトでボイラーが設置された「高新区」と「營城子」の 2 カ所における 2000 年当時のボイラーの年間石炭消費量は 16 万トンであったが、その後導入された 11 台のボイラーの 2005～2013 年における年間石炭消費量は 11.5 万トンで、従来型から 39% も減少した。同期間におけるこの削減効果による年間 SO₂ 排出削減量は 450 トンと推計できる²⁰。また、「高新区」に配置された本事業 6 台のボイラーが 2014 年以降大型ボイラーにより代替されたため、同様な熱供給面積に係る年間石炭消費量の削減量と SO₂ 排出削減効果がさらに大きくなると理解される。

鞍山市大気中 SO₂ 濃度の歴年データを表 11 で見ると、本サブプロジェクト完成後の 2005 年²¹には SO₂ 濃度がピークとなったが、その後基本的に低下傾向にある。また、受益者調査²²の結果でも、鞍山市の大気質について、「5 年前よりやや改善された」と回答した者は 53%、「14 年前より大幅に改善された」と「やや改善された」と回答した者は合計 62%であった。「14 年前より大気質が改善された」と思う回答者のうち、「熱供給用ボイラーの大型化と旧式小型ボイラーの淘汰」を理由として挙げた者が 95%となっている。よって、本サブプロジェクトによる熱供給面積は全市熱供給総面積の 5.7%に過ぎないことから、本サブプロジェクトのみで市全体の大気環境が大幅に改善したとは言えないが、本サブプロジェクトが鞍山市の大気の改善にある程度寄与しているといえる。

表 11 鞍山市大気中 SO₂ 濃度の推移

指標	2000年 基準年	2001年	2003年	2005年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
鞍山市大気中 SO ₂ 濃度 (mg/Nm ³)	0.071	0.07	0.078	0.078	0.069	0.058	0.054	0.045	0.057	0.048	0.048

出所：鞍山市環境保護局

② 下水処理場の建設による市内河川の水質汚濁の改善効果

前掲表 10 にあるように、「下水処理事業」の工事が完全に終了した 2012 年における達道湾下水処理場からの 3 種類の汚染物排出量と濃度はいずれも完成年の目標値を達成した。当時の濃度指標は国家標準の 2 級基準を満たしたが、2013 年の新しい処理技術の導入により、2014 年にはさらに国家標準の 1 級 A 基準²³にも到達した。

²⁰ 計算式：SO₂ = 2Cx (C = 燃焼された石炭量、x = 石炭の硫黄分含有率、2 は石炭の燃焼過程を経て、含有された硫黄分が化学反応によりその 2 倍に相当する SO₂ の量を形成することを意味する。また、中国では地域によって使用されている石炭の硫黄分含有率が異なるが、鞍山市で使用されている石炭は基本的に遼寧省内の低硫黄分石炭であり、平均 0.5% と言われている。)

本サブプロジェクトによる年間 SO₂ 排出削減量 = 2 × 45,000t × 0.005 = 450t

²¹ 試運転は 2004 年 11 月に終了した。

²² 2014 年 11 月 8 日鞍山市内中心部 219 公園の入園者を対象とし、ランダムで抽出したサンプル数と有効回答数は共に 34 個、調査員が質問票に基づき質問し、回答内容を記入する方法で実施した。

²³ 現行の中国国家標準「都市污水处理場汚染物排出基準」(GB18918-2002)によると、上記 3 種類の汚染物排出濃度基準の 1 級 A と 2 級の数値はそれぞれ以下のとおり。1 級 A : COD 50mg/L、BOD 10mg/L、SS 10mg/L 2 級 : COD 100mg/L、BOD 30mg/L、SS 30mg/L

表 12 鞍山市内河川の主要水質指標の推移

指標	国家標準	2000	2001	2003	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
COD濃度(mg/L)	30.0	30.4	31.0	38.0	27.7	35.7	29.4	24.2	16.9	16.8	14.3	13.1
BOD濃度(mg/L)	6.0	6.4	6.5	6.7	6.6	6.3	6.0	3.5	3.5	5.1	4.2	3.5

出所：鞍山市環境保護局

注 1：データは市内の河川が合流する太子河の観測点で採取したサンプルから得られた。

注 2：表中の国家標準の数値は「地表水環境質量標準」（GB3838-2002）で定められた IV 類基準の指標である。

一方、鞍山市内河川の水質指標は表 12 にあるように、COD と BOD の濃度は 2008 年以降低下傾向が見られるが、本サブプロジェクトの設備が 70%稼働した 2010 年にとりわけ COD 数値が前年より著しく低下し、完成した後の 2013 年に数値がさらに低下したことがわかる。また、同市合計 56 万 m³ の下水処理能力に占める本事業の割合 (36%) を勘案すれば、河川水質改善に対する貢献度は大きいといえる。



写真 6 「鞍山市達道湾下水処理場」近辺の運糧河



写真 7 運糧河の川沿いで魚釣をしている住民（受益調査対象の一部）

また、受益者調査²⁴の結果も、鞍山市内河川水質の改善に本サブプロジェクトが貢献していることを裏付ける。この調査では、鞍山市内河川の水質状況について、「5 年前より大幅に改善された」と「やや改善された」の回答者は合計 89%、「14 年前より大幅に改善された」と「やや改善された」の回答者は合計 91%、また、14 年前より

²⁴ 2014 年 11 月 9 日達道湾下水処理場付近の運糧河沿いの釣り人等を対象とし、ランダムで抽出したサンプル数と有効回答数は共に 35 個、調査員が質問票に基づき質問し、回答内容を記入する方法で実施した。

河川水質が改善されたと思う回答者のうち、「達道湾下水処理場の整備」を理由として挙げたものが72%となっている。

さらに、受益者調査の対象者によると、かつて未処理の産業廃水と生活廃水の河川への直接排出により酷く汚れていた達道湾下水処理場の近くを流れる運糧河は、同下水処理場ができた後、水質が改善するにつれて魚類の生息が回復したため、2014年から釣り人の姿が現れるなど、水質環境の整備が進むことで、住民の生活環境にも良い変化をもたらしていることがうかがえる。

(2) 居住環境改善効果

現在鞍山市4つの浄水場²⁵の浄水能力は合計58万m³/日となっているが、本事業の上水道整備事業は全体の26%を占めており、同市24時間給水の実現や飲用水水質の向上による居住環境の改善に対する貢献度が大きいといえる。とりわけ、本件の実施により、かつてマンガンと鉄分の高い地下水を飲用水として利用していた同市立山区の住民25万人が湯河ダムから安全な地表水を飲用することができたことは高評価に値する。

また、立山区の居住者を対象とした受益者調査²⁶結果では、本サブプロジェクトの実施により、事業実施前と比べて「給水停止回数の減少」と「マンガン・鉄成分の減少」等の効果を認める意見が確認された。この調査では、鞍山市立山区水道水供給状況について、「5年前より大幅に改善された」と「やや改善された」の回答者及び、「14年前より大幅に改善された」と「やや改善された」の回答者がいずれも合計95%、また、14年前より水道水供給状況が改善されたと思う回答者のうち、回答の具体的な根拠として「給水停止回数の減少」と「マンガン・鉄成分の減少に伴う水質改善」を挙げたものがそれぞれ76%、47%となっている。

(3) 温暖化対策効果

前掲表9に示したように、「地域熱供給事業」の実施により、石炭燃料の年間消費量が2000年の16万トンから2005年以降11.5万トンに減少した。これに基づき、原炭燃焼量をCO₂に換算して試算した結果、事業完成後の年間CO₂排出量は審査時より8.3万トン削減されたことが推測できる²⁷。また「高新区」に配置された本事業6台のボイラーが2014年以降新規導入され、さらに性能のよい大型ボイラーにより代替され

²⁵ 鞍鋼独自の浄水工場を除く。

²⁶ 2014年11月8～9日立山区孟泰公園の入園者を対象とし、ランダムで抽出したサンプル数と有効回答数は共に36個、調査員が質問票に基づき質問し、回答内容を記入する方法で実施した。

²⁷ 計算の方法は以下のとおり。

①原炭燃焼量をCO₂に換算するためのCF(CO₂/原炭)=A×B×C=1.850037

(A=標準炭/原炭=0.7143、B=炭素/標準炭=0.7、C=CO₂/炭素=3.7)

②2005年以降本サブプロジェクトによる年間CO₂排出削減量=(160,000t-115,000t)×1.850037
=45,000t×1.850037=83,252t

たため、同様な熱供給面積に係る年間石炭消費量の削減量と CO₂ 排出削減効果はさらに大きくなると理解される。

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

① 「上水道整備事業」の地下水資源回復への貢献

サブプロジェクト「上水道整備事業」の実施により、鞍山市地下水資源回復への貢献という審査時に予想されなかった正のインパクトが生じている。

鞍山市では、過去数十年間にわたり、水資源の不足に伴う地下水の過剰採取の結果、1986年の時点で地下水位はすでに地下 24.25 m、局地では 30 m の深さまで低下したとの研究報告がある²⁸。また、鞍山市水源地の一部となった首山地下水源の水位が 1999 年まで毎年 0.3 m のスピードで低下していたという研究報告もあり²⁹、地下水の過剰な採取から生じる水質の悪化、土壌の劣化や地盤沈下が懸念されていた。このため同市では「節水条例」や「水資源保護条例」の制定・実施と共に、水源の地下水から地表水への転換を重要な対策として進めており、本サブプロジェクトにおける「引細入湯」（本溪市の細河から水を湯河ダムに導入する）事業もその一環となっている³⁰。その結果、本事業審査時に鞍山市水源地の主な原水であった地下水源は現在ほぼ地表水によって代替されており、残りの地下水源の水使用量も大幅に減少した。その結果として、ここ数年、同市地下水位が累計 5.8 m 上昇し、2014 年の上昇幅 1.8 m との観測結果が最近のマスコミで大々的に報道されている³¹。

② 設備運転中の悪臭・騒音問題

本事業の審査時に、「都市鉄道改良事業」の建設工事中的影響と「下水処理事業」の下水処理場からの悪臭、騒音及び汚泥の発生等が見込まれていた。事前評価時点で指摘された対策の実施状況について、事後評価時の現地調査で以下の点が確認された。

「都市鉄道改良事業」は取り消されたため、上記問題の発生はなかった。一方、下水処理場からの悪臭と汚泥の発生に関する当初の懸念については、悪臭発生源現場における脱臭装置の取り付けにより悪臭が大幅にカットされており、さらに 1,480 万元の汚泥処理施設を設置して汚泥の処理を行ったため、これらの問題も解決された。また、騒音の懸念については、そもそも下水処理場の周辺半径 2 キロメートル以内に住民がいなかったため、騒音があっても問題にならない状況となっていた。下水処理場周辺

²⁸ 佟連軍（中国科学院東北地理と農業生態研究所研究員）「環境経済の枠組の中における東北古い工業基地の持続可能な発展と振興」（2005 年）

²⁹ 耿曉梅（遼寧省環境工程評価審査中心）「遼寧省地下水環境問題及び発展趨勢の探究」（「遼寧省都市農村環境科技」2007 年第 3 期）

³⁰ 2013 年における「老虎山浄水工場」の新設もその一環として、撫順市の大伙房ダムから水を導入している。

³¹ 2015 年 3 月 24 日の「鞍山日報」第 1 ページの記事「鞍山重点区域地下水位における良好な回復情勢」

住民に対する受益者調査においても、このような影響を感じていないとの回答を受けており、本事業における悪臭や騒音などの問題は発生していないといえる。

また、その他2つのサブプロジェクトについては、設備運転中の悪臭と騒音問題に関する苦情がないことは現地調査において確認された。

③ 建設工事期間における環境影響対策

本事業3つのサブプロジェクトの建設工事期間における実施機関の環境影響についての想定と緩和策の実施状況は以下のとおりである。

3つのサブプロジェクトの施工期間における環境影響の主な懸念のうち、共通したものは土砂や建築材料の運搬過程で舞い上がるほこりによる大気汚染、建設現場における作業機械の騒音、及び建設現場からの廃棄物発生の3点であった。ほこり対策として、建設現場を高いフェンスで囲い込むと共に、建築材料の輸送車両の上にプラスチック製シートをしっかりとカバーする措置が取られた。騒音対策については、建設現場での施工作業機械はなるべく低騒音のものを使用すると同時に、特に騒音の大きい掘削重機については消音装置を装着する措置が採用された。また、廃棄物対策については、泥や砂利などの建設廃棄物と生活廃棄物を分別し、建設廃棄物は埋立場、生活廃棄物は専用のゴミ処理場にそれぞれ運搬して処理することとした。

「上水道整備事業」の場合、上記に加えて、導水トンネルの建設による河川の汚れも懸念されたが、河川を渡る導水パイプの敷設工事は渇水期以外の施工をしないこと、施工はコファダムを設置して行うことなどの措置が取られた。

以上の措置により、各種懸念事項の発生を防ぐことができた。

(2) 住民移転・用地取得

本事業にかかる用地取得状況について以下の点が確認された。

本事業3つのサブプロジェクトのうち、実際に用地取得が必要となったのは「下水処理事業」と「上水道整備事業」である。

「下水処理事業」の用地取得面積は10.8 haで、取得の価格は151元/平米である。これは国家法に基づき鞍山市国土資源局が設定した価格である。また、住民移転は発生しなかったため、用地取得は問題なく遂行された。

「上水道整備事業」の場合は、実施機関によると、本溪市、遼陽市、鞍山市3市を跨ぎ、長さ15.3 kmの導水トンネルを建設するための用地を13.2 ha取得したが、住民移転は発生せず、用地の取得価格は「下水処理事業」の場合と同様、国家基準に基づき設定された。用地取得の交渉は3市6区10数郷の関連政府機関からの協力を得る必要があり、必要な用地を完全に取得するまで2年以上の期間がかかった。具体的には、鞍山市域内の用地取得について、実施機関は市政府すべての関係官庁（国土資源局、企画局、城市建設委員会、公安局）それぞれに申請をし、承認と協力を依頼し、各官庁は取得用地所在区とその下の郷政府の下部組織に通知を發出してから、実施機関は

各関係区と郷政府幹部の同行などの協力の下、説明会の開催や用地の所有者である農家の訪問を行い、それぞれとの交渉を始めた。遼陽と本溪両市の場合、これらの申請手続きがさらに複雑となり、実施機関が用地所有者である農家との交渉を始めるまでに鞍山市各関係官庁、両市各関係官庁、用地所在区政府、用地所在地郷政府への申請または通知が必要であった。しかしながら、適切な手続きが実施されたことにより、用地取得の交渉は大きな問題がなく終了した。

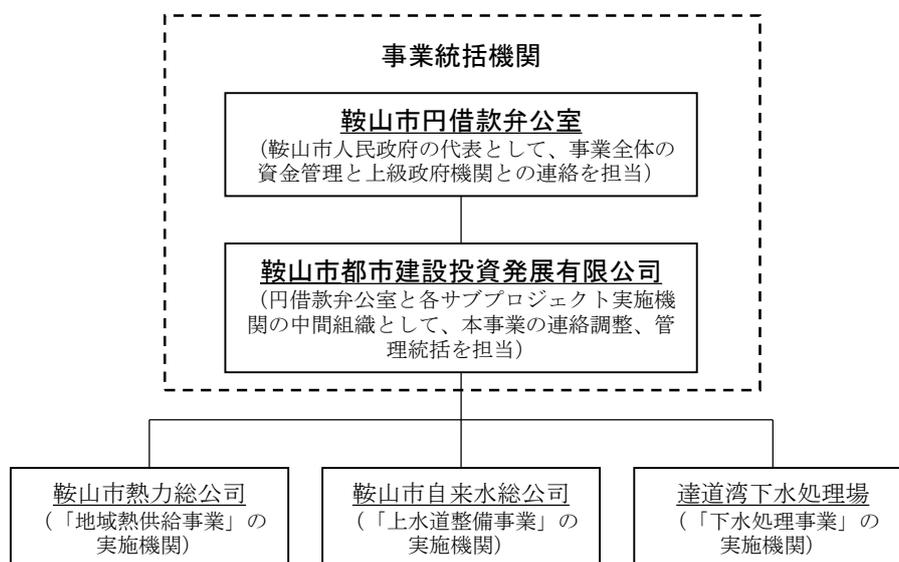
以上より、本事業の実施により概ね計画どおりの効果が発現し、一部設備の早期稼働停止は事業効果に大きなマイナスの影響を与えず、負のインパクトが見られないと同時に、予想外の正のインパクトが見られたため、有効性・インパクトは高い。

3.5 持続性（レーティング：③）

本事業は複数のサブプロジェクトで構成されており、持続性の評価は、取消となった1件を除き、これらのサブプロジェクトそれぞれの実施機関と事業を統括する鞍山市人民政府を対象に、総合的な評価を行う。

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業の運営・維持管理体制は図1に示す。



出所：鞍山市円借款弁公室へのヒアリングを踏まえて作成

図1 事業の運営・維持管理体制図

(1) 事業統括機関

本事業の統括機関は鞍山市円借款弁公室と鞍山市都市建設投資発展有限公司の2つから構成されているが、両者の役割が明確に分担されている。前者は鞍山市人民政府の代表として事業全体の資金管理（円借款及び国内金融機関からの資金調達）及び上

級政府機関（遼寧省政府及び中央政府）との連絡など、後者は前者と各サブプロジェクト実施機関の中間組織として、本事業の連絡調整、管理統括（事業の運営とリスク管理を含む）をそれぞれ担当する。

鞍山市円借款弁公室は市財政局内に設置され、同局の副局長と債務金融処長が円借款弁公室の主任と副主任を兼任している。一方の鞍山市都市建設投資発展有限公司は鞍山市政府 100%出資の国有企業であり、同社の副総経理は本事業の運営・管理を具体的に担当している。本事業の実施期間中において両機構の間では毎週最低 1 回、事業完成以降も定期的に情報共有が行われている。本事業に係る重大な問題が生じた場合、円借款弁公室の主任又は副主任が責任を持って中央の国家発展改革委員会と財政部に報告して、指示を受けることとなっている。

このような事業統括機関の体制の下で、これまで事業の運営管理が支障なく続けられており、大きな問題はないと評価できる。

(2) サブプロジェクト実施機関

各サブプロジェクト実施機関における事業運営・維持管理体制の状況を表 13 に示す。各実施機関のうち、「地域熱供給事業」と「上水道整備事業」で運営・維持管理を実際に担当しているのは、それぞれ鞍山市熱力総公司の子会社と鞍山市自来水総公司の支社である。各実施機関の運営・維持管理体制には以下のような共通点がある。

- ① 鞍山市政府 100%出資の国有企業であり、当面民営化の計画がない。
- ② 施設の供用が始まって以来の人員配置が基本的に安定している。
- ③ 生産と安全面に係る定例会が定期的開催され、安全教育が重要視されている。
- ④ 設備の点検に係る記録と記録の保管制度がある。

したがって、サブプロジェクトレベルでの運営・維持管理体制にも安定性と健全性が見られる。

表 13 サブプロジェクトの運営・維持管理体制

サブプロジェクト	実施機関	運営・維持管理体制
地域熱供給事業	鞍山市熱力総公司 (子会社「城市供暖公司」)	<ul style="list-style-type: none"> ・鞍山市政府 100%出資国有企業、民営化計画がない。 ・子会社「城市供暖公司」の従業員数は 2008 年から現在まで 143 人の体制が定着している。 ・本事業の設備は会社全体の施設の一部として機能しており、本事業のための独立した運営・維持管理体制が存在せず、会社全体の運営・維持管理体制が本事業の設備を含めて運営・管理している。 ・生産と安全の定例会が毎週開催され、生産面と安全面の問題を議論・解決する。安全知識の教育も不定期で行われている。 ・設備の点検記録と記録の保管が制度化されている。
上水道整備事業	鞍山市自來水總公司 (支社「供水公司」)	<ul style="list-style-type: none"> ・鞍山市政府 100%出資国有企業、民営化計画がない。 ・本事業の供用が始まった 2010 年以来、支社「供水公司」の従業員数は 380 人に定着している。 ・本事業の設備は会社全体の施設の一部として機能しており、本事業のための独立とした運営・維持管理体制が存在せず、会社全体の運営・維持管理体制が本事業の設備を含めて運営・管理している。 ・生産と安全の定例会が毎週開催され、生産面と安全面の問題を議論・解決する。安全知識の教育も不定期で行われている。 ・設備の点検記録と記録の保管が制度化されている。
下水処理事業	鞍山市達道湾下水処理場	<ul style="list-style-type: none"> ・鞍山市政府 100%出資国有企業、民営化計画がない。 ・本事業は独立した施設として建設されており、運営・維持管理体制も本事業のために設立されたものである。 ・2010 年の供用が始まって以来、従業員数は合計 85 人で安定しており、変化がない。 ・生産と安全の定例会が毎週開催され、生産面と安全面の問題を議論・解決する。安全知識の教育も不定期で行われている。 ・設備の点検記録と記録の保管が制度化されている。

出所：各実施機関へのヒアリング

3.5.2 運営・維持管理の技術

(1) 実施機関における従業員の技術レベル

各サブプロジェクトの実施機関はいずれも業務の実施に必要な技術者を擁している。

「地域熱供給事業」の実施機関である城市供暖公司是、従業員 143 人のうち、シニアエンジニア 2 人、エンジニア 10 人、技術労働者 86 人、「上水道整備事業」の実施機関である供水公司是、従業員 380 人のうち、シニアエンジニア 3 人、エンジニア 12 人、技術労働者 10 人、その他大学・短大学歴以上の従業員 45 人である。また、「下水処理事業」の実施機関である鞍山市達道湾下水処理場の場合、従業員 85 人は、シニアエンジニア 1 人、エンジニア 10 人、準エンジニア 12 人、技術労働者 62 人で、全員技術資格者となっている。

各サブプロジェクトで設置されている設備はいずれも技術的に高度なものではないことに加えて、各実施機関は運営・維持管理上必要な技術者が備わっている。有効性の項で確認した通り、これまで安定的な運営を続けており、技術上も問題はないと評価できる。

(2) 従業員の技術水準の維持・向上に係る制度

各実施機関では従業員の技術水準の維持・向上を目的とする研修制度があり、これには社内研修と社外研修の2種類が含まれている。都市供暖公司与達道湾下水処理場は毎年管理者と技術者を設備メーカーの工場に派遣して実務研修をさせており、供水公司の場合は管理者、技術者、現場労働者それぞれに適する研修を行っている。また、達道湾下水処理場の場合、これまでの実務研修に加えて、今後設計院への理論知識の学習を目的とする派遣研修も計画しており、研修制度の構築を重視する姿勢が確認される。

(3) 維持管理に係るマニュアルの整備

各実施機関はそれぞれ担当しているサブプロジェクトの維持管理に係るマニュアルを備えており、実際に使用している。設備の維持管理マニュアルがいずれも設備メーカーから提供されたものである。

以上のように、事業運営・維持管理の技術面での問題はない。

3.5.3 運営・維持管理の財務

(1) 維持管理に必要な予算の財源

効率性の項でIRRの計算をした結果、各サブプロジェクトのIRRはいずれもマイナスとなり、事業単独での収益性は認められなかった。このため、維持管理にかかる財務面の持続性を評価する上では、①サブプロジェクト単体の収益性を改善する計画があるか、②実施主体を含めた総合的な財政措置など、実施体制に関する財務的な実施能力を総合的に分析する必要がある。

まず各サブプロジェクトの現在の財源と今後の改善見通しを表14のとおりまとめる。

「地域熱供給事業」については、投資コストを含めた内部収益率は低いが、通常の運営管理に関するコストは熱供給事業収入でカバーできており、通常運営上は財務上大きな懸念は見られない。初期投資の回収など、事業全体の財務計画については、次項で分析する。

「上水道整備事業」については、現在定額制で低めに設定されている水道料金は以下のような中央政府と地方政府の新しい政策動向を背景に、今後は是正されることが見込まれる。2013年12月の「都市住民生活用水段階式料金制度構築の加速に関する指導意見」（国家発展改革委員会と住宅都市農村建設部）では、「2015年末までに、設市都市（管下に市を含む都市）は原則的に住民生活用水の段階式料金制度を完全に実施すること、及び「実施条件を備えた建制鎮（郷級行政区）も住民生活用水の段階式料金制度導入を積極的に推進すること」が目標として示されている。また、段階式料金制度の原則の一つとして、「水道料金を全体的に給水コストが反映できる水準に調整すること」も明記されている。これを受けて、鞍山市の住宅建設委員会では、2015年

末までに具体的な実施案を提出するための検討が現在進められている。したがって、初期投資コストを含めた内部収益率を考慮せずに通常の運営管理に限って見る場合、今後水道料金の収入が運営管理コストをカバーできるようになると予想される。

「下水処理事業」の場合、維持管理費用は市の財政から全額支給されており、通常の運営管理において懸念すべき問題はない。

表 14 各サブプロジェクトの維持管理に必要な予算の財源

サブプロジェクト	維持管理に必要な予算の財源
地域熱供給事業	・ 2010 年以降の年間維持管理コストは平均 27 元/m ² 、熱供給料金は 28 元/m ² 。 ・ 料金体系は適正であり、財政支援がなくても事業の持続的な運営が可能。
上水道整備事業	・ 維持管理コストは水道料金（住民用 1.9 元/m ³ 、非住民用 3.6 元/m ³ ）で賄う。 ・ 水道料金は現在低すぎるが、今後は正される見通しがついている。
下水処理事業	・ 年間維持管理コストは平均 1,627 万元、下水処理料金を全額鞍山市の会計収入として繰り入れる一方で維持管理コストは市の会計から全額支出されており、事業としての独立採算制は採られていない。

出所：各実施機関へのヒアリング

(2) サブプロジェクト実施機関の収支状況と財務指標

現地調査で入手した 3 つのサブプロジェクトの実施機関の損益計算表から、各社の収支状況を表 15 に示す。

「地域熱供給事業」の実施機関は熱力総公司の子会社、鞍山市城市供暖公司である。同社の営業収支は 2012 年の赤字から 2013 年以降 2 年連続の黒字に転換しており、今後も適正な料金制度の下で³²、安定した経営が持続していくものと思料する。

「上水道整備事業」の場合、損益計算表を提供したのは鞍山市自来水総公司である³³。既述のとおり、現行の水道料金が低めに設定されていることが原因となって、2011 年～2013 年の 3 年間における同社の営業収支はいずれも赤字であったが、今後、段階式料金制度の導入により、このような状況が徐々に是正されることが期待できる。上述営業収支の赤字幅は 2011 年の 2,463 万元から 2013 年には 1,779 万元へと縮小傾向が見られる。収支バランスの改善の主な要因は、給水地域の細分化、スタッフ管理体制の増強と役割・責任分担の明確化など、管理の強化による無収水率の引き下げ（前掲表 9 参照）を通じた収入拡大にある。実施機関は最終的に無収水率 25%の達成を目指している。これにさらに新しい料金制度が導入される予定のため、経営赤字の解消ができると思料する³⁴。

³² 実施機関によると、熱供給事業の場合、市政府が運営管理コストに小幅なマージンを上乗せする形で料金を設定することにより、公益事業としての持続性を保障する方針である。

³³ 支社の「供水公司」は本サブプロジェクトの実質上の実施機関ではあるが、財務上独立していないため、損益計算表の提供ができないと思われる。

³⁴ 鞍山市自来水総公司の試算では、現在の無収水率の水準（30%）で黒字化を実現しようとするれば、住民用と非住民用水道料金を現行の水準からそれぞれ 1 元引き上げること、すなわち住民用の 1.9 元/m³と非住民用の 3.6 元/m³からそれぞれ 2.9 元と 4.6 元まで引き上げることが必須条件となるが、無収水率が 25%に下がった場合、上記 2 種類の水道料金の上げ幅は各 0.5 元でも十分採算が取れる。

表 15 各サブプロジェクト実施機関の収支状況 (単位：万元)

サブプロジェクト(実施機関)	項目	2011	2012	2013
地域熱供給事業 (鞍山市城市供暖公司)	運営・維持管理とその他費用	27,735	34,452	36,686
	熱供給料金収入	27,636	34,888	37,016
	収支バランス	-99	436	330
上水道整備事業 (鞍山市自来水総公司)	運営・維持管理とその他費用	27,156	27,910	29,116
	水道料金とその他収入	24,693	25,675	27,337
	収支バランス	-2,463	-2,235	-1,779
下水整備事業 (達道湾下水処理場)	運営・維持管理とその他費用	1,648	2,427	2,516
	財政補助金とその他収入	1,918	2,099	2,609
	そのうち財政補助金収入	1,911	2,096	2,586
	収支バランス	270	-328	93

出所：鞍山市城市供暖公司、鞍山市自来水総公司、鞍山市達道湾下水処理場の損益計算表
注：鞍山市城市供暖公司のデータは 2012 年～2014 年の数値である。

「下水処理事業」の実施機関である達道湾下水処理場は、財政補助金が収入の 99% 以上を占めている。下水処理料金の収入は市の財政に上納されるため、下水処理場の収入として計上されていない。同社は本事業で市政府から補助金を受けている唯一の実施機関であり、財務上の持続性は市政府からの支援で確保されているといえる。

また、「地域熱供給事業」と「上水道整備事業」の実施機関から入手した貸借対照表に基づく、主要財務指標を以下に示す。

表 16 各サブプロジェクト実施機関の主要財務指標

サブプロジェクト	実施機関	主要財務指標	2011	20	2013
地域熱供給事業	城市供暖公司	自己資本比率	34%	32%	32%
		負債比率	198%	213%	215%
上水道整備事業	供水公司	自己資本比率	40%	33%	28%
		負債比率	150%	204%	261%

出所：鞍山市城市供暖公司、鞍山市自来水総公司、鞍山市達道湾下水処理場の貸借対照表
注：鞍山市城市供暖公司のデータは 2012 年～2014 年の数値である。

両事業の実施機関は近年鞍山市における都市化の進展に伴うニーズ拡大に対応するために設備投資を追加しており、その結果負債比率は共に上昇する傾向がある。しかし、これらの上昇は緩やかであり、自己資本比率は 3 割前後を維持していることから、財務的な健全性が保たれているといえる。

また、前述のとおり、両事業とも今後適正な料金制度の下で運営されることが見込まれているため、財務的な持続性は問題がないと考えられる。

(3) IRR の結果を加味した財務的持続性の分析

本事業各サブプロジェクトの IRR の結果がいずれもマイナスとなっているが、このことは事業の財務的な運営の持続性を否定するものではない。具体的には、各サブプロジェクトは全て鞍山市の公益事業として、初期投資は鞍山市の財政予算から支出されており、返済についても鞍山市政府が担当している³⁵。また、鞍山市政府の財政状況も問題がないことが確認できた³⁶。このため、今後の財務的な持続性は、主に毎年の運営・維持管理コストと料金収入の収支状況を分析することで確認できる。前述のとおり、「地域熱供給事業」の本事業に限った料金収入及び実施機関の全熱供給事業における料金収入はいずれも運営・維持管理コストをカバーできる状況であり、「上水道整備事業」においても本事業と実施機関の収支状況が今後改善する見通しである。一方の「下水処理事業」は運営・維持管理コストの全額が市の財政により支給されているため、懸念すべき問題がない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

現地調査で確認したところ、各サブプロジェクトの運営・維持管理状況は下記のとおり、概ね良好である。

(1) 地域熱供給事業

本事業で導入された 11 台の 40 トンボイラーのうち、6 台は現在更に大型なボイラーの点検時の一時的な代用設備として使用されているが、現地踏査で目視したところ、すべて稼働可能な状態にある。残りの 5 台のボイラーは現在正常に稼働しており、熱供給対象地域の「営城子」が人口の定着した市街地であるため、今後さらに大型なボイラーを導入する必要性がないことから、これにとって代わられる可能性がないことが確認された。なお、室内外導管と熱交換ステーションは本事業の後から導入された大型ボイラーにも繋がっており、正常に機能している。

実施機関の責任者（城市供暖会社の副社長）によると、一般の設備点検（中国語で「巡視検査」又は「巡検」）はシフト毎で、1 日 3 回（3 シフト）の頻度で行われており、国家技術質量監督検査局が規定している「特種設備年度安全検査」は毎年 1 回で、国家ボイラー検査所により実施されている。一方、維持保守作業は大規模、中規模、小規模の 3 種類に区分して実施されており、大規模修理は 3 年に 1 度でボイラー耐熱板の強制的な交換、中規模修理は年に 1 度の非強制的な部品交換、小規模修理は非定

³⁵ 鞍山市財政局債務金融処処長からのヒアリング

³⁶ 鞍山市人民政府弁公庁（事務局）が発表した鞍山市 2010～2014 年各年の財政予算執行状況報告によると、同期間における同市財政歳出の年平均 12.7% 増に対し、歳入は年平均 7.6% 増で歳出より低く、2013 年と 2014 年の収支バランスはそれぞれ 89 億元、83.1 億元の赤字となったが、同市は東北の古くからの重工業生産地帯として中央政府と遼寧省政府の重点的な財政補てん対象市となったことから、毎年の収支赤字額を上回る補助金を中央政府と遼寧省政府から受けているため、補助金を加算した後の各年の収支バランスはいずれも黒字となっている。

期に必要な時のみの部品の修理・交換がそれぞれ異なる頻度で行われている。これまで設備運転関連の問題や事故³⁷は発生していない。

(2) 上水道整備事業

本事業の浄水施設と送配水施設がすべて正常に設計どおりに稼動していることを現地踏査で確認した。また、水源地から導水された水が、浄水施設に正常に流入している状況も実施機関責任者の聞き取り及び目視で確認した。

実施機関の責任者（供水会社のマネジャー）によると、設備の点検は日常に行われる「巡検」と重要な祭日の前に行われる検査がある。一方、設備の点検と平行した安全検査も月に1回の月度検査に加えて、毎年6月（国家の「安全生産法」で規定された「安全活動月」）に実施されている強化検査がある。これらの設備点検と安全検査の結果を踏まえて、設備の各種保守維持作業が行われており、そのうち、小規模修理は半年1回（定期）、中規模と大規模の修理は不定期で実施されている。これまで大きなトラブルや事故は発生していない。

(3) 下水処理事業

現場における目視で確認したところ、本事業で設置された下水処理場、ポンプ場、沈殿池、反応池、汚泥処理施設、排水汲み上げポンプ等がすべて正常に稼動している。

実施機関の維持管理担当者によると、設備点検は四半期毎に1回の頻度で行われており、検査の狙いは下水処理場設備の磨滅程度、設備運転の時間数、潤滑油の消耗程度などをチェックすることである。また、上水整備事業の実施機関と同様に、月に1回の月度安全検査および毎年6月の「安全活動月」でさらに検査を徹底している。一方、設備の保守・維持においては、小規模修理は四半期毎の点検結果を踏まえて定期的に、中規模と大規模の修理は不定期的に実施されている。これまで大きなトラブルや事故の発生はなかった。

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、鞍山市の大気環境保全、水質環境保全、居住環境改善対策の強化を目指して実施された。調整を経て選定されたサブプロジェクトは中国の開発政策、開発ニーズ及び日本政府の援助方針に合致しており、本事業の妥当性は高い。事業実施による大気・水質汚染物質の削減効果及び上水供給の改善効果が顕著であり、サブプロジェクト

³⁷ 事故の定義は、設備の重大な損害又は従業員の重傷ないし死亡をもたらした設備運転関連のトラブルということである。

に期待された効果はいずれも目標年での発現ができた。定量分析と受益者調査等を踏まえた定性分析により、本事業による大気、水質、居住環境の改善への貢献が認められると同時に、減少し続けてきた地下水資源の回復への貢献という正のインパクトも見られるので、有効性・インパクトは高いと判断される。効率性においては、事業費のインプットはスコープ変更後のアウトプットに見合ったものであったが、事業期間の延長は、「下水処理事業」のニーズ拡大への必要な対応による延長期間を差し引いてもなお計画を大幅に超過したと判断できるので、効率性は中程度である。事業の運営・維持管理体制は健全性と安定性が認められ、技術レベルの維持に係る取組が制度化されており、導入された設備の大部分は現在も有効に活用されている。財務面においては上水道整備事業の実施機関は水道料金が低いことにより当面経営赤字を抱えているが、今後新しい料金制度の導入により問題解決の見通しがついているため、本事業全体の持続性は高い。以上より、本事業の評価は非常に高い。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし

4.2.2 JICA への提言

なし

4.3 教訓

協力内容決定時におけるリスク要因を記すチェックリスト作成の必要性

「地域熱供給事業」におけるバイオブリケット工場建設部分の取消と導入された 40 トン型ボイラーの一部の早期淘汰や「都市鉄道改良事業」の完全な取消は、いずれも案件形成段階で把握したニーズが案件の実施段階に入ってから生じた外部環境の変化に伴い大きく変わったことに起因とするものであるため、やむを得ないことではあるが、ここから一つ重要な留意点を教訓として引き出すことができる。中国のような新興国の場合、JICA に円借款を要請する時期は一般的に経済成長の比較的速い段階であり、高速な経済成長につれて、産業技術設備の更新、環境・省エネ政策の見直し、産業の再配置や都市再開発等、多くの外部条件が激しく変化することが大いに考えられるため、JICA としては、協力内容を決定する際に、可能な限りこれらの外部条件の変化を予見する必要がある。例えば、「地域熱供給事業」の場合、当時大量に存在していた 10 トン未満の小型石炭ボイラーによりクリーンな燃料を提供して大気環境の悪化を食い止めるという緊急な課題に対応するためにバイオブリケット工場の建設を選定したが、現在になってわかるように、当時このような決定にはすでに 2 つのリスクが隠れていた。すなわち、バイオブリケットの原材料である小麦やトウモロコシなど農作物の藁の供給が足りない（都市化進展の結果）という市場リスク、及び燃焼効率の

悪い小型ボイラーに取って代わる大型ボイラーの導入の動きという政策リスクであった。このようなリスクが当時では必ずしも顕在化していなかったが、とりわけ成長が早く、変化が激しい新興国の場合、これらのリスクを予め想定しておくべきである。そのため、案件形成と審査の段階で、このような市場リスクと政策リスクをより具体的に想定して、チェックリストを作成しておく必要がある。また、事業審査時のみならず、事業開始後もこれらの外部条件の変化によってもたらされるリスクを随時確認し、確認ができた場合、しかるべき対策の早期決定により、このような変化が効率性ないし有効性にマイナスの影響を及ぼすことを極力回避することが勧められる。

以 上

主要計画/実績比較

項目	計画	実績
①アウトプット 地域熱供給事業	バイオブリケット工場年産 60万 t/年、熱供給用ボイラー (40t 型) 20台、屋外・屋内導 管約160km、熱交換ステーシ ョン14カ所	バイオブリケット工場取消、 熱供給用ボイラー (40t 型) 11台、屋外・屋内導管約 447km、熱交換ステーション 43カ所
都市鉄道改良事 業	路線延長約19km、トンネル1 カ所約1km、旅客駅新設17カ 所、車両基地新設1カ所、拡 張1カ所、変電所6カ所、通 信・信号 (未)、車両44両	サブプロジェクト取消
上水道整備事業	導水トンネル15.3km、浄水場 増設15万 m ³ /日、ブロック形 成池2カ所、沈殿池2カ所、急 速ろ過池10カ所、浄水池1カ 所、送水ポンプ3台、汚泥処 理所1カ所、配水池1カ所、ポ ンプ場1カ所、送配水管 24.3km	導水トンネル15.3km、浄水場 増設15万 m ³ /日、ブロック形 成池2カ所、沈殿池2カ所、急 速ろ過池10カ所、浄水池1カ 所、送水ポンプ3台、汚泥処 理所1カ所、配水池1カ所、ポ ンプ場1カ所、送配水管 24.3km
下水処理事業	下水処理場新設20万 m ³ /日、 ポンプ場1カ所、一次沈殿池4 カ所、反応池1カ所、二次沈 殿池4カ所、汚泥処理施設 (コ ンベヤー式凝縮脱水機4台)	下水処理場新設20万 m ³ /日、 ポンプ場1カ所、一次沈殿池4 カ所、反応池1カ所、二次沈 殿池4カ所、汚泥処理施設 (コ ンベヤー式凝縮脱水機4台) 下水集水管網60.7km、排水汲 み上げポンプ3台、調節池2カ 所
②期間	2002年2月～2006年10月 (57カ月)	2002年2月～2012年4月 (123カ月)
③事業費 外貨	14,525百万円	14,525百万円

内貨	24,814百万円 (1,654百万円)	10,773百万円 (778百万円)
合計	39,339百万円	25,298百万円
うち円借款分	14,525百万円	14,525百万円
換算レート	1元 = 15.00円 (2001年9月時点)	1元 = 13.75円 (2002年～2012年平均) 出所: 中国外貨管理局が発表 した各年為替レート平均値