

中華人民共和国

本溪環境汚染対策事業（１）（２）（３）

外部評価者：(株)アースアンドヒューマンコーポレーション 金子 眞知

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



北台鉄鋼（左：コークス炉環境汚染対策施設
右：排ガス利用関連施設）

1.1 事業の背景

中国は順調な経済成長をとげる反面、工業化と人口増加によって1980年代以降、環境汚染が進んだ。特に、大気環境は、工業原料や発電・暖房燃料として石炭に依存していることから、石炭燃焼による二酸化硫黄（SO₂）と総浮遊粒子状物質¹（TSP）の発生が深刻であった。また、工業用水・生活用水の需要が増大する一方で、排水処理施設の敷設が遅れたため、河川の水質も悪化していた。

本事業の対象市である本溪市は、遼寧省の南東部山岳地域に位置する中国を代表する重工業都市である。同市では1940年代から製鉄やセメント等の基礎資材産業が発達し、1980年代以降は製鉄業を中心とした経済発展が急速に進んだ。その一方で、周囲を山に囲まれているという地形的条件も重なり、同市の大気汚染は「衛星から見えない都市」と呼ばれるほどに深刻な状況にあった。また、水質環境も同様に悪化し、本溪市の代表的な河川であり、市内を27kmにわたって流れる太子河には、市の生活・工業排水の大部分が流入し、汚染が深刻化していた。太子河は、市民の飲料用水源であり、水の安全性も懸念されていた。

こうした状況を受け、本溪市では環境改善のための長期計画（2000年まで）を策定し、環境改善に向けた対策に取り組んだ。本事業は、その一部分として本溪市の総合的環境改善を図るため実施されることになった。

1.2 事業の概要

急速な経済成長に伴い深刻な水質汚濁・大気汚染問題の発生している本溪市において、

¹ 総浮遊粒子状物質(Total Suspended Particular, TSP):大気中に浮遊し、大気動力学的で直径≤100ミクロンの粒子状物質を指す。なお、本溪市では、2005年以降はTSPに代わる指標として「吸入可能粒子状物質(TM10)」が使用されている。

汚染物質を排出する工場を対象とした設備更新や汚染防止設備の設置、上水取水場の建設、環境観測センターの建設を実施することにより、大気汚染の改善及び水質改善等を図り、もって同市の環境改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	フェーズ(1)： 4,110百万円／4,076百万円 フェーズ(2)： 3,237百万円／3,082百万円 フェーズ(3)： 1,160百万円／1,159百万円 総額： 8,507百万円／8,317百万円
交換公文締結／借款契約調印	フェーズ(1)： 1997年9月／1997年9月 フェーズ(2)： 1998年12月／1998年12月 フェーズ(3)： 2000年3月／2000年3月
借款契約条件	フェーズ(1)： 金利 2.1% 返済 30年(据置10年) 一般アンタイド フェーズ(2)： 金利 0.75% 返済 40年(据置10年) 部分アンタイド フェーズ(3)： 金利 0.75% 返済 40年(据置10年) 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国／本溪市人民政府
貸付完了	フェーズ(1)： 2003年4月 フェーズ(2)： 2004年7月 フェーズ(3)： 2005年7月
本体契約	－
コンサルタント契約	－
関連調査 (フィージビリティ・スタディ：F/S)等	F/S：本溪市環境保全センター他 1989年8月～1996年6月 SAPROF：JBIC 1995-96年
関連事業	無償：日中友好環境保全センター

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

金子 眞知 (株)アースアンドヒューマンコーポレーション)

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：2009年12月～2010年10月

現地調査：2010年2月28日～3月23日、2010年5月6日～5月29日

2.3 評価の制約

本事業は全20件のサブプロジェクトから構成されているため事業総体としての有効性を

確認することが困難であった。このため、これら 20 件のサブプロジェクトが目指したアウトプット、及び有効性の運用・効果指標の達成状況をそれぞれ確認するとともに、俯瞰的な視点からプログラム事業総体としての評価を行った。なお、各評価項目にかかり可能な限りサブプロジェクト個々についての記載を行なうが、妥当性、インパクト、及び持続性については事業総体としての評価を行った。

3. 評価結果（レーティング：B）

3.1 妥当性（レーティング：a）

3.1.1 開発政策との整合性

本事業の審査時において、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」を策定し、環境保護政策の最重要課題は「水質・大気汚染源対策」と「都市環境改善」とされた。また、この二大課題について、水質・大気汚染源での排出基準の完全達成、旧式小規模工場の閉鎖あるいは生産プロセス転換、都市ガス化、及び緑化推進等が具体策として計画された。こうした中央の政策を受け、本溪市においても、「環境整備 7 年計画」を策定し、環境保全事業の推進に取り組んでいた。

事後評価時においても、環境保護は重要政策であり、国家環境保護政策である「第 11 次 5 カ年計画(2006-2010)」(以下、11.5 計画)では、環境保護と経済成長を共に重視する方向へと転換することを基本原則に掲げている。なお、同 11.5 計画では、2010 年までに、二酸化硫黄排出量と化学的酸素要求量をそれぞれ 10%削減するという数値目標を提示している。

また、本溪市「第 11 次 5 カ年計画(2006-2010)」においても、大気汚染の処理、水汚染の処理、及び固形廃棄物の処理が引き続き重点課題とされている。

以上の点から、本事業の政策面での整合性は審査時及び事後評価時ともに高いと判断できる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

(1) 事業審査時の開発ニーズ

1995 年の本溪市の SO₂ 濃度は年平均 0.15mg/Nm³、TSP 濃度は年平均 0.41mg/Nm³であった。これは、工業地帯にのみに適用される国家大気環境 3 級基準²(SO₂ 濃度:年平均 0.10mg/Nm³、TSP 濃度:0.30 mg/Nm³)を超過しており、大気環境による住民の健康への悪影響が懸念されていた。こうした状況に対処すべく、本溪市は 1998 年 2 月に中国国務院から「二酸化硫黄汚染規制区³」の指定を受け、汚染対策の強化を図っていた。

² 国家大気環境 3 級基準は工業地帯への適用基準であり、長期的に身を置いても健康に害さない最低レベルは国家大気環境 2 級基準とされている。

³ SO₂ の年平均濃度が国家大気環境基準 2 級値を、日平均濃度が同 3 級を超え、SO₂ 排出量の多い都市。

(2) 事後評価時の開発ニーズ

本溪市は、東北三省⁴の中で最も経済規模の大きい遼寧省に位置し、2009年の市のGDPは680億元（2000年のGDPは158.1億元）に達している。また、遼寧省の新たな地域開発戦略である「遼寧中部都市群⁵」に属し、大型鉄鋼コンビナートをはじめ、冶金・機械・建材・医薬・化学・紡績等の製造業が集積する都市として発展を続けている。

その一方で、環境対策には積極的に取り組み、本溪市の水源となっている太子河の水質については、2008年に国家地表水質2級基準を達成している。また、大気質については、SO₂は2005年に国家大気環境2級基準（年平均）を、吸入可能粒子状物質（PM10⁶）は2008年に国家大気環境2級基準（年平均）にそれぞれ達成しており、大気質、水質ともに大きく改善している。

今後も、工業総生産の増加が予想される中、環境保護と経済成長を両立させることが引き続き本溪市の重要な開発課題となっている。

以上から、審査時及び事後評価時ともに、開発ニーズは高いと言える。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

1992年当時のODA大綱において、環境保全はODA基本理念のひとつとして掲げられるとともに、日本は1992-96年度の5年間に環境ODAを大幅拡充することを国連などで対外的に表明している。

対中国援助方針においても、「有償資金協力を中心に、経済インフラ整備に資する協力を行うとともに、相対的に開発余地の大きい内陸地域の支援にこれまで以上に配慮する。」ことが重点項目として掲げられている。また、重点分野の一つとして環境分野が掲げられ、わが国の経験と技術を活かして、省エネルギー、廃棄物リサイクル、煤煙処理、排煙脱硫等の大気汚染防止、下水道等の水質汚濁防止対策について、援助を進めるとしている。さらに、1997年9月には日中首脳会談により「21世紀に向けた日中環境協力」構想が合意されている。

以上、本事業は、1990年代後半より本格的に開始された対中環境協力の柱である環境円借款事業の一つとして実施されており、日本の援助政策と整合していたものと判断できる。

3.1.4 サブプロジェクトの選定

1998年から始まった中国政府による国有企業改革の影響を受け、本事業実施機関の7割を超える企業が民営化されるなど、実施機関の経営環境は審査時から大きく変化している。また、経済の自由化に伴い、技術力、市場競争力、収益力の向上が企業側に求められ、生

⁴ 東北三省：中国東北部の三省（遼寧省、吉林省、黒龍江省）を指す。

⁵ 遼寧中部都市群：瀋陽市、鞍山市、撫順市、本溪市、営口市、遼陽市、鉄嶺市の7都市を指し、中国東北地区における経済発展が目覚しい地域の一つである。

⁶ 吸入可能粒子状物質（Particulate matter less than 10 μm, PM10）：大気中に浮遊し、大気動力学的で直径 ≤10ミクロンの粒子状物質を指す。また、本溪市では2005年以降PM10がTSPに代わる指標とされている。

産停止、破産及びリストラ等に至った事例も散見される。加えて、環境政策の強化を受け、中国政府は環境負荷の高い企業に対する規制を更に厳しくしていく傾向にある。

上述のような環境の中、本事業では20件のサブプロジェクトの実施を計画したが、環境の変化に適合できずに生産停止等になったサブプロジェクトがある。しかしながら、環境対策の強化や企業体の民営化は環境問題や国有企業の経営問題を改善するために取られた措置の結果であることから、各サブプロジェクトの選定自体に問題点はなかったと判断される。

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、またサブプロジェクトの選定にも問題点はなかったと判断されるため、妥当性は高い。

3.2 効率性（レーティング：b）

3.2.1 アウトプット

本事業のアウトプットを評価するにあたり、審査時から大きく変更のあった事項を以下に特記する。





- 1) 全20件のサブプロジェクトのうち、2件のサブプロジェクトについては、審査後に発生した「区画整理による操業停止」と「民営化後に債務返済保証を提供しないという中国側の方向転換」を理由に中止となったが、1999年12月3日付のL/A変更稟議により、中止はやむをえないと判断され、事業中止が承認されている。このため、左記2件は効率性、有効性、持続性にかかる評価の対象外とする。
- 2) 貸付が実行された18件のサブプロジェクトのうち、3件については生産停止状態（事実上の破産）にある。

各サブプロジェクトのアウトプットを個別に確認した結果、貸付が実施された18件中14件のサブプロジェクトについては、投入が予定通りに実施されている。また、残り4件については、審査時から変更が生じているが、この理由は、市場ニーズの変化や政府の設計基準変更に対応するための措置であり、事業体にとっての不可抗力に類する事象であったと判断される。このため、この4件についても投入は適切であったと評価する。


表1 各サブプロジェクトのアウトプットにかかる計画・実績の対比表

フェーズ(1)



計画内容	実績内容	備考
1) 本溪電気機器工場排ガス・排水処理事業（実施機関：本溪電気機器工場）		
① 静電スプレー設備の導入	中止	評価対象外
② 排水処理設備の導入		
③ ボイラー2基への脱硫・除塵装置の導入		



計画内容	実績内容	備考
2) 本溪製鉄所第2工場転炉排気対策事業 (実施機関: 本溪鋼鉄株式会社)		
① 転炉の密閉化 ② 開閉時排気の処理装置の導入 ③ 排ガスの転炉 ④ 一次集塵システムの改良: 年間処理量 24,000 万 m ³ ファンルーム 12m x 72m、2 階建て、建築面積 1,910m ² ⑤ 二次集塵システム新設: ファンルーム 15m x 42m、1 階建て、建築面積 932m ²	① 転炉の密閉化 ② 開閉時排気の処理装置の導入 ③ 排ガスの転炉 ④ 一次集塵システムの改良: 年間処理量 24,000 万 m ³ ファンルーム 12m x 72m、2 階建て、建築面積 1,910m ² ⑤ 二次集塵システム新設: ファンルーム 15m x 42m、1 階建て、建築面積 932m ²	計画通り  転炉集塵システム
3) 本溪ゴム化学工場 DMSO プラント移転・改善事業 (実施機関: 本溪市精細化工株式会社)		
① 本溪ゴム化工工場を移転(敷地面積 22,000 m ² 、建設面積 3791.4 m ²) ② 新たな排気・排水処理設備を備えた DMSO プラントの建設	① 本溪ゴム化工工場を移転: 敷地面積 22,000m ² 、建設面積 3,791.4m ² ② 新たな排気・排水処理設備を備えた DMSO プラント 1 基の建設	計画通り  排気・排水処理装置
4) 本溪セメント工場防塵事業 (実施機関: 本溪セメント工場)		
① 除塵装置を備えた石炭サイロの建設 (直径 15m x 高さ 30m x 3 基)	中止	評価対象外
5) 本溪合金工場 W・Mo 製造工程排気ガス・排水処理事業 (実施機関: 本溪市大有タンングステン・モリブデン株式会社)		
① SO ₂ 、HCl、NH ₃ 、煤塵処理設備の導入 ② 酸性・アルカリ性排水処理設備の導入 ③ 既存のモリブデン精製についての技術改造	① SO ₂ 、HCl、NH ₃ 、煤塵処理設備の導入 設備内容: 浄化塔 規模・仕様: 7 台、BF-10 ② 酸性・アルカリ性排水処理設備の導入 設備内容: 中和池 規模・仕様: 2 ヶ、2mx10m	【計画変更有】 理由: ・円安により機材購入資金不足が生じ、計画設備機材が購入できなかった。 ・モリブデン製品の市場縮小のため、予定した設備を購入しなかった。 ・工場のスペース不足のため中和池規模を縮小した。
6) 本溪鉬物化学工場カーバイド製造工程排気対策事業 (実施機関: 本溪富比生カーバイド工場)		
① カーバイド炉の半密閉化 ② 集塵機の導入 設備内容: パルスジェット式集塵機、PPC-96-8 ③ 10,000kVA の密閉式カーバイド炉の建設	① カーバイド炉の半密閉化 ② 集塵機の導入 設備内容: パルスジェット式集塵機、PPC-96-8 12,500kVA の密閉式カーバイド炉の建設	【計画変更有】 理由: 政府基準 (出力) の変更。  密閉型カーバイド炉
7) 環境観測センター拡充事業 (実施機関: 本溪市環保観測センター)		
① 大気自動式モニタリングシステム ② 大気・水質移動式モニタリングシステム ③ 自動監視システム (ビデオによる環境敏感区域の監視) ④ 通常モニタリングシステム ⑤ 環境観測センターの事務・補助用棟の改築・拡張	① 大気自動式モニタリングシステム ② 大気・水質移動式モニタリングシステム ③ 自動監視システム (ビデオによる環境敏感区域の監視) ④ 通常モニタリングシステム 環境観測センターの事務・補助用棟の改築・拡張	計画通り  原子分析装置: 気体中の重金属を測定

計画内容	実績内容	備考
8) 北台製鉄所高炉排ガス利用事業（実施機関：本溪市北台鋼鉄集団）		
① ガスボイラー75t/h x 1 基 ② 単式抽気タービン発電設備 12MW x 1 基 ③ その他関連施設の設置	① ガスボイラー75t/h x 1 基 ② 単式抽気タービン発電設備 12MW x 1 基 ③ その他関連施設の設置	計画通り  排ガス利用装置
9) 上水取水場建設事業（実施機関：本溪市自來水總公司）		
① 取水能力 350,000m³/日の上水取水場の建設 ② 導水管(双管)の敷設 -13.5km-DN1400(直径 1400mm)	① 取水能力 350,000m³/日の上水取水場の建設 ② 導水管(双管)の敷設 -13.5km-DN1400(直径 1400mm)	計画通り  取水場内部（取水ポンプ）
10) 石炭灰総合利用事業（実施機関：本溪市水務局材料工場）		
① スプリンクラーの導入 ② 建築材料工場の新設 ・フライアッシュ高含有量の気泡コンクリートブロック 5 万 m³/年を生産	① スプリンクラーの導入 ② 建築材料工場の新設 ・フライアッシュ高含有量の気泡コンクリートブロック 5 万 m³/年を生産	生産停止状態 →機材は、計画通りに投入
11) 本溪銅加工工場排ガス・排水処理事業（実施機関：本溪市金源銅箔株式会社）		
① 排ガス処理設備の導入 設備内容：酸性霧浄化器、燃焼促進器 規模・仕様：≥95-98%、5000 m³/h ② 水浄化技術の改良 改良内容：水処理系統統合 ③ 熱交換システム、及び濾過システム（電気） 銅箔製造プロセス中に発生する SO ₃ ミスト、硫酸、塩酸、銅、クロムを中和または無害化する廃水処理システムの統合 ④ 銅箔表面処理技術の改良 改良内容：マイクロ自動制御を採用	① 排ガス処理設備の導入 設備内容：酸性霧浄化器、燃焼促進器 規模・仕様：≥95-98%、5000 m³/h ② 水浄化技術の改良 改良内容：水処理系統統合 ③ 熱交換システム、及び濾過システム（電気） 銅箔製造プロセス中に発生する SO ₃ ミスト、硫酸、塩酸、銅、クロムを中和または無害化し排出する廃水処理システムの統合 ④ 銅箔表面処理技術の改良 改良内容：マイクロ自動制御を採用	計画通り  銅箔表面処理装置
12) 本溪製薬工場排水処理事業（実施機関：本溪市海大製薬株式会社）		
① 工程の自動制御装置の導入 ② 排水処理設備の導入 設備内容：エアコンプレッサー、プレートフレームフィルタープレス 規模・仕様：450t/日 ③ 酵母菌製造プロセスでの排水中に発生する COD、BOD を削減するための温度調整装置、生物処理施設の設置 ④ 深井戸型曝気一流動床活性汚泥法二級処理技術を導入 ⑤ 集水池、配水池、深井戸装置、バイオ流動床の建設	① 工程の自動制御装置の導入 ② 排水処理設備の導入 設備内容：エアコンプレッサー、プレートフレームフィルタープレス 規模・仕様：450t/日 ③ 酵母菌製造プロセスでの排水中に発生する COD、BOD を削減するための温度調整装置、生物処理施設の設置 ④ 深井戸型曝気一流動床活性汚泥法二級処理技術を導入 ⑤ 集水池、配水池、深井戸装置、バイオ流動床の建設	計画通り  汚水処理設備


計画内容	実績内容	備考
13) 本溪プラスチック化学工場苛性ソーダ製造工程改善事業（実施機関：本溪市東方塩素アルカリ株式会社）		
① 年産2万tの生産設備を建設 ② 製造プロセスの更新 従来 改善後 熔融法→イオン隔膜法 ③ 排ガス・排水処理装置の導入 ④ (2次塩水浄化装置、淡塩水脱塩素装置、純水製造装置、純酸製造装置を新たに建設)	① 年産2万tの生産設備を建設 ② 製造プロセスの更新 従来 改善後 熔融法→イオン隔膜法 ③ 排ガス・排水処理装置の導入 ④ (2次塩水浄化装置、淡塩水脱塩素装置、純水製造装置、純酸製造装置を新たに建設)	計画通り  イオン隔膜法による苛性ソーダ製造装置

フェーズ(2)

計画内容	実績内容	備考
1) 第5期都市ガス化事業（実施機関：本溪市湾华燃气株式会社）		
① コークスガス供給基地(液化石油ガス貯蔵・配分ステーション)1カ所の建設(高台子液化ガス工程) ② LPガス供給基地(ガス混合ステーション)2カ所の建設(采屯・大峪混合ガスステーション工程) ③ ガス配管(転山ガスシステム) ④ LPガスボンベ供給基地(ガス貯蔵・配分ステーション)1カ所の建設(転山ガスシステム)	① コークスガス供給基地(液化石油ガス貯蔵・配分ステーション)1カ所の建設(高台子液化ガス工程) ② LPガス供給基地(ガス混合ステーション)2カ所の建設(采屯・大峪混合ガスステーション工程) ③ ガス配管(転山ガスシステム) ④ LPガスボンベ供給基地(ガス貯蔵・配分ステーション)1カ所の建設(転山ガスシステム)	計画通り  コークスガス供給基地
2) 北台製鉄転炉排ガス対策事業（実施機関：本溪市北台鋼鉄集团公司）		
① 5万m³のゴム密封乾式ガスタンク1基 転炉ガス電気集塵機2台 ② 静電気集塵システム建設 ③ 石炭ガス加圧ステーションの建設(ガス加圧機2台) ④ 自動制御計器の建設(燃焼設備、熱伝導設備、ガス抽気除塵設備、フロア、コントロール系統、原料供給設備各2セット) ⑤ 2万t/年のスラグ圧縮ボール製造設備の建設	① 5万m³のゴム密封乾式ガスタンク1基 転炉ガス電気集塵機2台 ② 静電気集塵システム建設 ③ 石炭ガス加圧ステーションの建設(ガス加圧機2台) ④ 自動制御計器の建設(燃焼設備、熱伝導設備、ガス抽気除塵設備、フロア、コントロール系統、原料供給設備各2セット) ⑤ 2万t/年のスラグ圧縮ボール製造設備の建設	計画通り  排ガス利用関連施設
3) 化学工場汚染対策事業（実施機関：本溪市精細化工有限公司）		
① DMDS工場の脱硫装置設置 ② 既存の化工工場を区画した化工地区(2万5000m³)内に移転 ③ 排水処理等環境対策設備を備えたジメチルジスルフィド年産1000tの新プロセスの工場を建設	① DMDS工場用の脱硫装置 ② 既存の化工工場を区画した化工地区(2万5000m³)内に移転 ③ 排水処理等環境対策設備を備えたジメチルジスルフィド年産1000tの新プロセスの工場を建設	生産停止状態 →機材は、計画通りに投入
4) 溶剤工場汚染対策事業（実施機関：本溪市助剤工場）		
① 軟質カルシウムカーボネイト工場の設置 ② 酸化防止剤工場の生産プロセスの改良、及び脱硫装置の設置 ・アンモニア窒素20t/年削減 ・アスファルト0.14t/年削減 ・SS42.4t/年削減 ③ 集塵機の設置 ④ 沈殿池等環境対策装置の設置	① 軟質カルシウムカーボネイト工場の設置 ② 酸化防止剤工場の生産プロセスの改良、及び脱硫装置の設置 ・アンモニア窒素20t/年削減 ・アスファルト0.14t/年削減 ・SS42.4t/年削減 ③ 集塵機の設置 ④ 沈殿池等環境対策装置の設置	生産停止状態 →機材は、計画通りに投入

計画内容	実績内容	備考
5) 潤滑剤工場汚染対策事業（実施機関：本溪市環特石油化工有限公司）		
① 硫化モリブデン工場、潤滑油工場、グリース工場の生産プロセスの改良 ② 二硫化モリブデン粉材(300t/年)、二硫化モリブデン調整油製品(5000 t/年)、二硫化モリブデン潤滑油製品(5000 t/年)の関連生産設備と補助設備の建設 ③ 公共工程(Public Construction)と環境保護施設を建設 ④ SO ₂ 回収装置、油回収装置、排水処理施設等環境対策設備の設置	① 硫化モリブデン工場、潤滑油工場、グリース工場の生産プロセスの改良(焙焼炉更新：密閉式回転キルン、熱分解キルン各2台) ② 二硫化モリブデン粉材(300t/年)、二硫化モリブデン調整油製品(5,000t/年)、二硫化モリブデン潤滑油製品(5,000t/年)の関連生産設備と補助設備の建設 ③ 公共工程(Public Construction)と環境保護施設を建設 ④ SO ₂ 回収装置、油回収装置、排水処理施設等環境対策設備の設置	計画通り  グリース製造装置
6) 太子河飲料水汚染対策事業（実施機関：本溪市自来水総公司）		
① 浄化給水設備 80,000m ³ /日 ② 配水管網 7km	① 浄水場拡張 処理能力：80,000m ³ /日 ② 配水管整備 延長：10km	【計画変更有】 理由：詳細設計の結果、配水管を延長 7km→10km  沈殿池

フェーズ(3)

計画内容	実績内容	備考
1) 北台製鉄コークス炉環境汚染対策（実施機関：本溪市北台鋼鉄集团公司）		
① 生産能力約 56 万 t/年の 2x38 孔 JN038-2 型スタンプ・チャージング式コークス製造施設の建設(石炭前処理、コークス製造、ガス収集浄化システム、排水処理) ② 付属施設として変電所等の生産補助施設と管理、環境整備施設の建設(総敷地面積 261,000 m ²)	① 生産能力約 45 万 t/年、65 孔 JN43-804 型コークス炉とコークス生産施設の建設(石炭前処理、コークス製造、ガス収集浄化システム、排水処理) ② 付属施設として変電所等の生産補助施設と管理、環境整備施設の建設	【計画変更有】 理由：必要生産能力を詳細に算定した結果、コークス炉の仕様を変更  コークス炉

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業期間

各フェーズの事業期間にかかる計画と実績は以下の通りで、全体的に遅延が生じている。

フェーズ(1) 計画： 1997年10月～2001年12月(51ヶ月)

実績： 1997年10月～2002年12月(63ヶ月)

フェーズ(2) 計画： 1998年12月～2002年3月(40ヶ月)

実績： 1998年12月～2004年7月(68ヶ月)

フェーズ(3) 計画： 2000年7月～2002年3月(21ヶ月)

実績： 2000年7月～2002年6月(24ヶ月)

また、サブプロジェクト毎の事業期間については、以下の表 2 に示す通りで、フェーズ

(1)については貸付が実行された11件中5件が計画の100%超の延長となっている。理由は、サブプロジェクトの件数が多い上、市政府と実施機関が手続きや事業管理等に不慣れであったことが挙げられる。フェーズ(2)については、サブプロジェクト全6件のうち2件が計画の150%超となったが、この理由は、民営化への移行が円滑に行われず、実施機関側の資金調達が遅れたことによる（現在、この2件の実施機関は倒産状態にある）。また、100%超となった2件の遅延理由は、機材調達の遅れが原因である。フェーズ(3)については、サブプロジェクトは1件のみで、機材調達の遅れから3カ月の遅延となった。

なお、事業期間の評価は、各サブプロジェクトの評価を個別に行った上で、事業全体の評価を行った。評価方法は、計画と実績の差異から3段階評価（a：計画値の100%以下、b：計画値の100%超150%以下、c：計画値の150%超）を行い、その後aを2点、bを1点、cを0点として加算し、総合点が最高点に対して80%以上の得点を得た場合を総合(a)、50%超80%以下を(b)、50%以下を(c)とした（表2 右欄参照）。

この結果、表3に示す通り、事業期間の差異が計画値の100%以下であったサブプロジェクトが8件、100%超150%以下のサブプロジェクトが8件、150%超のサブプロジェクトが2件という結果になった。また、上記の考えに基づく評点の集計結果から、事業期間のサブレーティングは、(b)計画を上回った。

表2 各サブプロジェクトにおける事業期間の計画・実績

フェーズ	サブプロジェクト名	計画（審査時）			実績（事後評価時）			差異（%） （実績／計画）	評価
		開始	終了	期間（月数）	開始	終了	期間（月数）		
(1)	本溪電気機器工場排ガス・排水処理事業	1997年10月	2001年12月	51	—	—	—	—	中止
	本溪製鉄所第2工場転炉排気対策事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2002年12月	63	124	b
	本溪ゴム化学工場DMSOプラント移転・改善事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2002年9月	60	118	b
	本溪セメント工場防塵事業	1997年10月	2001年12月	51	—	—	—	—	中止
	本溪合金工場W・Mo製造工程排気ガス・排水処理事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2002年7月	58	114	b
	本溪鋳物化学工場カーバイド製造工程排気対策事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2001年12月	51	100	a
	環境観測センター拡充事業	1998年1月	2001年12月	48	1998年1月	2000年11月	35	73	a
	北台製鉄所高炉排ガス利用事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2000年11月	38	75	a
	上水取水場建設事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2002年10月	61	120	b
	石炭灰総合利用事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2000年12月	39	76	a
	本溪銅加工工場排ガス・排水処理事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2002年6月	57	112	b
	本溪製薬工場排水処理事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2000年12月	39	76	a

フェーズ	サブプロジェクト名	計画（審査時）			実績（事後評価時）			差異（%） （実績／計画）	評価
		開始	終了	期間（月数）	開始	終了	期間（月数）		
	本溪プラスチック化学工場苛性ソーダ製造工程改善事業	1997年10月	2001年12月	51	1997年10月	2001年9月	48	94	a
(2)	第5期都市ガス化事業	1998年12月	2002年3月	40	1998年12月	2002年12月	49	123	b
	北台製鉄転炉排ガス対策事業	1999年4月	2002年3月	36	1999年4月	2001年12月	33	92	a
	化学工場汚染対策事業	1999年1月	2002年3月	39	1999年1月	2004年7月	67	172	c
	溶剤工場汚染対策事業	1999年1月	2002年3月	39	1999年1月	2003年11月	59	151	c
	潤滑剤工場汚染対策事業	1999年1月	2002年3月	39	1999年1月	2001年11月	35	90	a
	太子河飲料水汚染対策事業	1998年12月	2002年3月	40	1998年12月	2002年10月	47	118	b
(3)	北台製鉄コークス炉環境汚染対策	2000年7月	2002年3月	21	2000年7月	2002年6月	24	114	b

表3 事業期間にかかる評点

	(a)評価 計画を下回った [2点]	(b)評価 計画を上回った [1点]	(c)評価 計画を大幅に 上回った [0点]	合計	評価結果
サブプロジェクト数	8件	8件	2件	18件	
評点[最高点:36点]	16点	8点	0点	24点	67%= (b)

3.2.2.2 事業費

各フェーズの事業費にかかる計画と実績は以下の通りであり、全フェーズの事業総額が計画の100%を下回っている。

フェーズ(1) 計画： 事業総額 9,918 百万円（うち円借款分 4,110 百万円）

実績： 事業総額 9,652 百万円（うち円借款分 4,076 百万円）

フェーズ(2) 計画： 事業総額 6,564 百万円（うち円借款分 3,237 百万円）

実績： 事業総額 5,916 百万円（うち円借款分 3,082 百万円）

フェーズ(3) 計画： 事業総額 5,362 百万円（うち円借款分 1,160 百万円）

実績： 事業総額 1,980 百万円（うち円借款分 1,159 百万円）

また、サブプロジェクト毎の事業費については、下の表4のとおり18件中10件が計画の100%超となっている。この主因は競争入札による発注にて積算価格をやや上回ったためである。

なお、事業期間の評価についても、事業費同様に、各サブプロジェクトの評価を個別に行った上で、事業全体の評価を行った。評価方法は、計画と実績の差異から3段階評価（a：計画値の100%以下、b：計画値の100%超150%以下、c：計画値の150%超）を行い、その後aを2点、bを1点、cを0点として加算し、総合点が最高点に対して80%超の得点を

た場合を総合(a)、50%超80%以下を(b)、50%以下を(c)とした(表4 右欄参照)。

この結果、表5に示す通り、事業費の差異が計画値の100%以下であったサブプロジェクトが8件、100%超150%以下のサブプロジェクトが10件という結果になった。また、上記の考えに基づく評点の集計結果から、事業費のサブレーティングは、(b)「計画を上回った」とした。

表4 事業費にかかる予定実績の対比(単位:百万円)

フェーズ	サブプロジェクト	計画		実績		差異(%) (実績/計画)	評価
		事業総額	うち 円借款分	事業総額	うち 円借款分		
(1)	本溪電気機器工場排ガス・排水処理事業	188	61	—	—	—	対象外
	本溪製鉄所第2工場転炉排気対策事業	1,345	499	1,376	475.2	102%	b
	本溪ゴム化学工場DMSOプラント移転・改善事業	985	502	998	558.1	101%	b
	本溪セメント工場防塵事業	231	114	—	—	—	対象外
	本溪合金工場W・Mo製造工程排気ガス・排水処理事業	486	200	497	200	102%	b
	本溪鉍物化学工場カーバイド製造工程排気対策事業	658	298	663	295.9	101%	b
	環境観測センター拡充事業	292	151	297	151.3	102%	b
	北台製鉄所高炉排ガス利用事業	2,019	819	1,903	806.3	94%	a
	上水取水場建設事業	1,578	503	1,609	494.6	102%	b
	石炭灰総合利用事業	186	101	189	101.3	101%	b
	本溪銅加工工場排ガス・排水処理事業	618	228	631	221.6	102%	b
	本溪製薬工場排水処理事業	231	140	240	140.3	104%	b
	本溪プラスチック化学工場苛性ソーダ製造工程改善事業	1,101	494	1,249	613.6	114%	b
フェーズ(1)計	9,918	4,110	9,652	4,058			
(2)	第5期都市ガス化事業	1,725	573	1,523	466.4	88%	a
	北台製鉄転炉排ガス対策事業	890	442	832	442.4	94%	a
	化学工場汚染対策事業	992	640	883	640.5	89%	a
	溶剤工場汚染対策事業	526	382	447	382.5	85%	a
	潤滑剤工場汚染対策事業	1,191	551	1,025	558	86%	a
太子河飲料水汚染対策事業	1,241	649	1,205	597.3	97%	a	
フェーズ(2)計	6,565	3,237	5,916	3,087			
(3)	北台製鉄コークス炉環境汚染対策	5,362	1,160	1,980	1,159.4	37%	a
フェーズ(3)計	5,362	1,160	1,980	1,159			
	事業全体 合計	21,845	8,507	17,547	8,305		

表5 事業費にかかる評価結果

	(a)評価 計画を 下回った [2点]	(b)評価 計画を 上回った [1点]	(c)評価 計画を大幅 に上回った [0点]	合計	評価結果
サブプロジェクト数	8件	10件	0件	18件	
評点[最高点: 8点]	16点	10点	0点	26点	72% = (b)

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

3.3 有効性 (レーティング: a)

3.3.1 定量的効果

3.3.3.1 運用効果指標

各サブプロジェクトの運用効果指標にかかる達成状況は下表のとおりである。また、表中の右欄には、各サブプロジェクトの計画値に対して、達成度が80%超の場合をa、達成度が50%超80%以下b、50%以下もしくは事業が生産停止状態である場合をcと評点した。

表6 運用効果指標にかかる目標値と実績値

フェーズ(1)

サブプロジェクト名	計画目標値 (2000年)	実績値 (2009年)	評価
1) 本溪電気機器工場排ガス・排水処理事業	中止	—	評価対象外
2) 本溪製鉄所第2工場転炉排気対策事業	煙塵濃度: 120g/m ³ → 0.1g/m ³ (削減率 99.92%)	煙塵濃度: 0.035g/m ³ (1996年比 99.97%減)	a
3) 本溪ゴム化学工場 DMSO プラント移転・改善事業	DMSOの生産規模: 2000 t/年 SO ₂ 年間排出削減量: 43.9 t (削減率 50.8%) 廃水中のCOD濃度: 15.58mg/Lに引き下げる COD削減率: 87.5% 固形廃棄物削減量: 17.84t/年 DMSO回収率: 60% → 90%	DMSOの生産規模: 3,339t/年 (2009年目標 4,000t) SO ₂ 年間排出削減量: 45 t 廃水中のCOD濃度: 15.6mg/L COD削減率: 88% 固形廃棄物削減量: 18.1t/年 DMSO回収率: 91%	a
4) 本溪セメント工場防塵事業	中止	—	評価対象外
5) 本溪合金工場 W・Mo 製造工程排気ガス・排水処理事業	<ul style="list-style-type: none"> SO₂年間削減量: 223.1t (削減率 100%) 固形廃棄物削減量: 24.9t (削減率 100%) SO₂、塩酸霧、アンモニアガス、廃液の排出基準: 排水廃液(アルカリ液)PH>9→PH=7(改善量 420t/年) 排水廃液(酸液)PH2~2.5→PH=7(改善量 3840t/年) モリブデン酸アンモニウムの生産量: 400t/年 熱間圧延鋼板、コールド・ローリング鋼板増産: 年間 45t 増加 	<ul style="list-style-type: none"> SO₂年間削減量: 0t 固形廃棄物削減量: 0t SO₂、塩酸霧、アンモニアガス、廃液の排出基準: 排水廃液(アルカリ液)PH>9→PH=7(改善量 700t/年) 排水廃液(酸液)PH2~2.5→PH=7(改善量 8000t/年) モリブデン酸アンモニウムの生産量: 1,544t/年 モリブデン材生産量: 34t/年 熱間圧延鋼板、コールド・ローリング鋼板増産: 増加 0t (計画設備を購入しなかったため) <p>注: SO₂、固形廃棄物の削減については、機材の投入によるものではなく、生産工程の変更(酸化モリブデンの外注)による効果である。</p>	b

サブプロジェクト名	計画目標値 (2000年)	実績値 (2009年)	評価
6) 本溪鋳物化学工場カーバイド製造工程排気対策事業	<ul style="list-style-type: none"> 粉塵排出量：100mg/m³以下にする 循環水利用状況：生産用水は全て循環水利用とする カーバイド炉の副産物であるCOを利用してギ酸を生産：ギ酸2000t/年を生産 	<ul style="list-style-type: none"> 粉塵排出量：80mg/m³ 循環水利用状況：生産用水は全て循環水を利用している カーバイド炉の副産物によるセメント材の生産量（市場のニーズに合わせ、ギ酸ではなくセメント材を生産している）：10,406t/年 粉塵回収量：1,460t/年 実質カーバイド生産量：22,076t/年 	a
7) 環境観測センター拡充事業	<ul style="list-style-type: none"> 環境モニタリング能力：国家環境3級基準に到達 大気自動モニタリングを全面実施、市内各水系、及び大型ダムを定期的にモニタリング、市内の重点水源を全面監督する。 	<ul style="list-style-type: none"> 環境モニタリング能力：国家環境3級基準に到達し、上級部門が実施した実験室レベルの審査を通過 	a
8) 北台製鉄所高炉排ガス利用事業	<ul style="list-style-type: none"> 標準石炭代替量：3.99t/年 SO₂年間排出削減量：1640t～1760t 煙塵排出削減量：1340t 年間給電量：1億4448万kw/h 	<ul style="list-style-type: none"> 標準石炭代替量：14.88万t/年 SO₂年間排出削減量：1840t/年 煙塵排出削減量：1240t/年 年間給電量：1億4,760万kw/h（2002年比89%増） 	a
9) 上水取水場建設事業	環境効果：市中心部40～50万人に生活用水を供給、80万人に対する水道普及率を99%超にし、水道水質を基準に到達させる。	<ul style="list-style-type: none"> 実質受益人口：83万人 水質：二級水域基準に到達 	a
10) 石炭灰総合利用事業	環境効果：本鋼フライアッシュ汚染を処理し、良好な経済効果と社会的効果を生み出す。 生産量：フライアッシュ高含有量の気泡コンクリートブロック5万m ³ /年	生産停止	c
11) 本溪銅加工工場排ガス・排水処理事業	銅濃度：0.5 mg/l 銅排出量：0.27 t/年 クロム濃度：0.05 mg/l クロム排出量：0.03 t/年 汚水年間排出削減量：32万t/年 *銅を年間13t回収 作業場の酸性霧濃度：200mg/m ³ 以下	銅濃度：0.45mg/l 銅排出量：0.26t/年 クロム濃度：0.049mg/l クロム排出量：0.03t/年 汚水年間排出削減量：33万t/年 作業場の酸性霧濃度：150mg/m ³ 以下 電解銅箔の実質生産：1,333t（2000年比22%増）	a
12) 本溪製薬工場排水処理事業	COD濃度(mg/l)：10000→50（99%） COD排出量(t/y)：1280→8 BOD濃度(mg/l)：4500→30（99%） BOD排出量(t/y)：576→4.8 SS削減率：97.5% 排水処理：450～500t/日	COD濃度(mg/l)：80-90 COD排出量(t/y)：4t/年 BOD濃度(mg/l)：32 BOD排出量(t/y)：3t/年（1977年比23%減） SS削減率：97% 排水処理：100t/日 注）：COD、BOD濃度については、目標値を下回っているが、その他の指標はほぼ達成している。しかしながら、これらは投入した機材の効果ではなく、生産規模が縮小したことが主因である（製薬会社に対する政府の規制が強化され、薬の原材料と製薬を同一工場内で製造できなくなった）。	b
13) 本溪プラスチック化学工場苛性ソーダ製造工程改善事業	COD年間削減量：337.6t BOD5年間削減量：47.1t SS年間削減量：350.6t SO ₂ 年間削減量：114t TSP年間削減量：16.3t	COD年間削減量：827t（2007年値） BOD5年間削減量：416t（2007年値） SS年間削減量：2072t（2007年値） SO ₂ 年間削減量：254.2t（2007年値） TSP年間削減量：25t（2007年値） 苛性ソーダ生産量：50000t（2007年値） 注）：2007年時において目標値は達成しているが、市場ニーズの低下により2008年度は規模縮小、2009年度は生産を中止している。	b

フェーズ(2)

サブプロジェクト名	計画目標値 (2001年)	実績値 (2009年)	評価
1) 第5期都市ガス化事業	石炭消費削減量：12.6万t/年 SO ₂ 排出削減量：3,600t/年 TSP排出削減量：9,900t/年	石炭消費削減量：13万t/年 SO ₂ 排出削減量：3,550t/年 TSP排出削減量：10,000t/年 コークガス供給量：10万m ³ /日 液化石油ガス供給量：6,000t/年 ガス消費者：54,000戸 液化石油ガスホースの消費者：6000戸 液化石油ガスパイプライン消費者：1.4万戸	a
2) 北台製鉄転炉排ガス対策事業	SO ₂ 排出削減量：160t/年 COガス排出削減量：32,369t/年 煙塵削減量：90t/年→122t/年 固形廃棄物削減量：5690t/年→7587t/年 ダスト削減量：ダスト966t/年削減 転炉鉄鋼スラグ削減量：20万t/年 集塵スラッジの削減量：2万t/年	SO ₂ 排出削減量：165t/年 COガス排出削減量：30,520t/年 煙塵削減量：114t/年 固形廃棄物削減量：6586t/年 ダスト削減量：1,013.33t/年 転炉鉄鋼スラグ削減量：20万t/年 集塵スラッジの削減量：1.8万t/年 鉄製品生産量：2,471,316t (2002年比25%増)	a
3) 化学工場汚染対策事業	SO ₂ 排出削減量：154t/年→38t/年 SO ₂ 濃度：15.9mg/m ³ →10.5mg/m ³ COD排出量：3.3t/年 COD濃度：1000mg/L→97mg/L その他：メタノール・硫黄エーテル等悪臭物質の環境への影響を基本的に除去	生産停止状態 (企業は破産状態)	c
4) 溶剤工場汚染対策事業	SO ₂ 排出削減量：148t/年 TSP排出削減量：90t/年 環境効果：立ち遅れた生産技術を改良し、汚染を削減し、基準到達排出を行う	生産停止状態 (企業は破産状態)	c
5) 潤滑剤工場汚染対策事業	SO ₂ 排出削減量：373t/年 BOD排出削減量：2.8t/年 硫黄化水素削減量：65t/年 SS削減量：24t/年 アンモニア窒素削減量：1.7t/年 油分削減量：10.5t/年	SO ₂ 排出量：0t/年 BOD排出量：0t/年 硫黄化水素排出量：0t/年 SS排出量：0t/年 アンモニア窒素排出量：0t/年 油分排出量：0.5t/年 注)：目標値は達成しているが、投入した機材の効果ではなく、当初予定から、生産規模が大きく縮小されたことが主な要因。	b
6) 太子河飲料水汚染対策事業	飲料用水・水質基準：Ⅱ類基準達成 最大給水能力：日処理量8万m ³ →16万m ³	給水人口：83万人 (1997年比17%増) 給水量：14万m ³ /日 (1997年比100%増) 施設利用率 漏水率：25% (1997年比10ポイント減) 取水量：33万m ³ /日 (1997年比38%増) 水質基準：Ⅱ類基準達成 水道普及率：100% (1997年比10ポイント増) 日最大処理能力：16万m ³ (1997年比100%増)	a

フェーズ(3)

サブプロジェクト名	計画目標値 (2000年)	実績値 (2009年)	評価
1) 北台製鉄コークス炉環境汚染対策	SO ₂ 排出削減量：334t/年 TSP排出削減量：1052t/年 COD排出削減量：19t/年 石油類排出削減量：3t/年	SO ₂ 排出削減量：770t/年 TSP排出削減量：2420t/年 COD排出削減量：136t/年 石油類排出削減量：13.11t/年	a

上表の通り、サブプロジェクト毎の評価は、18 件中 11 件については、目標値を達成しているため評価 a とした。また、フェーズ(1)の「5)本溪合金工場 W・Mo 製造工程排気ガス・排水処理事業」、「12)本溪製薬工場排水処理事業」、「13)本溪プラスチック化学工場苛性ソーダ製造工程改善事業」、フェーズ(2)の「5)潤滑剤工場汚染対策事業」については、目標値は概ね達成しているが、その主因が投入した機材の効果ではなく、生産規模の縮小や生産工程の変更であることから、評価 b とした。さらに、フェーズ(1)の「10) 石炭灰総合利用事業」、及びフェーズ(2)の「3) 化学工場汚染対策事業」「4) 溶剤工場汚染対策事業」については、生産停止状態ため実績値の確認ができないことから、評価 c とした。なお、生産停止の主因は、生産プロセスの更新と民営化への移行が難航したことにある。

また、事業全体の有効性の評価においては、サブプロジェクトそれぞれの評価ランクを総計して評価を行った。総計において、各サブプロジェクトの評価 a を 2 点、b を 1 点、c を 0 点として加算し、総合点が最高点に対して 80%超の得点を得た場合を (a)、50%超 80%以下を (b)、50%以下を (c) とした。以上の考え方に基づいた結果は下表 7 のとおりであり、総合点は最高点に対して 72%を示したことにより、事業全体の有効性は (b) と評価した。

表 7 運用効果指標にかかる評価結果

	(a)評価 指標達成率 80%以上	(b)評価 指標達成率 50 超 80%以下	(c)評価 指標達成率 50%以下 もしくは非稼働	事業中止 (評価対象外)	合計
サブ プロジェクト数	11 件	4 件	3 件	2 件	20 件
評点 [最高点 36 点]	22 点	4 点	0 点	—	26 点 72%= (b)

3.3.1.2 内部収益率の分析結果

審査時点において、フェーズ(1)と(2)の FIRR 値の算出は行っておらず、また中国側より算定に必要な情報を入手することが困難であったため、算定は行わない。また、フェーズ(3)の「北台製鉄コークス炉環境汚染対策」については、コークス販売を収入として計上し FIRR 値が算出されていたが、事後評価時に確認したところ、コークスは鋼鉄の製造過程で消費されるため、販売は行われていなかった。また、サブプロジェクトで対象とした施設は、コークスの生産過程における一部設備であることから、この部分のみの維持管理費用等を算定することは困難との指摘を受けた。このため、フェーズ(3)についても本評価では FIRR 値については算出を行わない。

EIRR の便益としては、大気質改善による健康改善や公共サービスの改善による支払意思額を指標として想定できるが、プロジェクト審査時に EIRR の算定がなされておらず、同様の便益指標を用いた比較を行なうことができない。また、当時のデータを入手することも困難である。このため、本評価では EIRR の算出を行なわない。

3.3.2 定性的効果

本事業がもたらした定性的な効果として、「大気・水質汚染物質の削減及び安全な飲料用水の供給により、市民が大気や水質の改善を認識する。」ことが第一義として挙げられる。

以下の表の通り、受益者調査の結果によると、調査対象の9割以上が10年前と比較して本溪市の大気質が改善したことを認識している。また、改善の主要因として、本事業に関連する「工場移転」「先進技術による工場の排煙濃度の減少」「取り締まりの強化」「ガス利用世帯の増加」を挙げる住民が多かった。

表8 大気質改善に対する住民認識

10年前と比較した大気質の変化	計 (%)	(「改善・どちらかと言えば改善」の回答者のうち) 改善につながった主要因【複数回答】	計 (%)
とても改善した	90.8	工場が郊外に移転したため	81.7
どちらかと言えば改善した	8.3	先進技術により、工場の排煙濃度が減少したため	74.2
さほど変わらない	0.8	市政府の取り締まりが強化されたため	73.3
どちらかと言えば悪化した	0	家庭で、ガスが利用されるようになったため	68.3
とても悪化した	0	市全体の経済力が向上したため	55.0
分からない	0	地方都市への公共事業が推進されたため	25.0

注：事後評価における受益者調査結果（市内住民の120人に対して2010年5月実施）

また、本溪市の水源である太子河の水質についても、調査対象の9割以上が10年前に比べて改善したと回答しており、その主要因として、本事業に関連する「水源の上流移転」「取り締まりの強化」「工場移転」を選択する住民が多い結果となった。

表9 本溪市の水源である太子河の水質に対する住民認識（受益者調査結果）

10年前と比較した太子河の水質	計 (%)	(「改善・どちらかと言えば改善」の回答者のうち) 改善につながった主要因【複数回答】	計 (%)
とても改善した	76.7	水源が上流に移転したため	86.7
どちらかと言えば改善した	20.0	市政府の取り締まりが強化されたため	57.5
さほど変わらない	1.7	地方都市への公共事業が推進されたため	46.7
どちらかと言えば悪化した	0	市全体の経済力が向上したため	43.3
とても悪化した	0	工場が郊外に移転したため	40.0
分からない	1.7	先進技術により、工場の排煙濃度が減少したため	30.8

注：事後評価における受益者調査結果（市内住民の120人に対して2010年5月実施）

なお、これら効果は、中国側が独自に取り組んできた環境改善への取り組みと効果的に

連携・補完しあってきたことによって発現してきたものである。そのため、本事業単体での効果とは言えないが、その寄与度は総じて大きいと推察できることを付記する。

以上より、事業全体の運用効果指標、及び定性的効果から、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

本溪市全体の環境改善については、長期間の環境改善対策や汚染物質の処理技術の進歩等、本事業以外の取り組みによる効果が大いだが、本溪市全体の環境指標、及び受益者調査から、本事業は市民の生活環境の改善に対して大きなインパクトを与えていると推測される。

また、審査時において「衛星から見えない都市」と呼ばれるほどの、極めて深刻な環境問題を抱えていたことから、環境負荷の高い大企業（北台鉄鋼や本溪鉄鋼）への対応、また市民生活への影響が高い飲用水対策や都市ガス供給等、本事業により多様な環境対策が講じられたことは、市全体の環境改善に少なからず貢献したものと判断される。

(1) 本溪市における大気質、及び水質の改善

本溪市全体の大気質指標は、表 10 に示した通り、2001 年から 2005 年における本溪市の環境指標は大幅に改善され、2005 年には SO₂ の平均値が初めて国家二級基準(0.06mg/ m³)に達成、2008 年には PM10 も国家二級基準(0.054 mg/m³)に達成した。また、フェーズ(1)の「9) 上水取水場建設事業」では市街地にあった大峪水源地を 13.5km 上流に移転させたことにより、水源地の水質が 2002 年に国家表流水二級基準を達成したことに加え、下流における水質も改善傾向にある（表 11 参照）。

表 10 本溪市全体の大気環境指標（年平均）

指標	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
TSP/ PM10	0.47	0.41	0.41	0.39	0.346	0.288	0.282	0.280	0.119	0.110	0.108	0.092	0.090
SO ₂ 濃度	0.15	0.11	0.09	0.09	0.071	0.068	0.060	0.060	0.059	0.044	0.047	0.046	0.050
NO _x 濃度	0.03	0.05	0.05	0.05	0.033	0.036	0.039	0.032	0.036	0.028	0.031	0.034	0.032
粉塵量 (t)	39.6	38.4	36.9	35.7	28.5	27.3	26.0	25.0	22.9	22.0	21.4	21.1	20.3

注 1) 2005 年に TSP から PM10 に変更

注 2) 2006-2009 年の SO₂、TSP の数値には面的観測による汚染物質も計上しているため、2005 年以前の定点観測方式のみの数値とは一様に比較はできない。

* 出典：本溪市環境年鑑

表 11 本溪市太子河下流域測定地点 断面水環境指標 (年平均)

指標	(mg/L)												
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BOD	4.06	4.34	5.42	5.12	3.52	4.35	4.86	4.75	4.63	4.75	4.05	3.52	4.62
COD	42.9	30.0	37.8	29.6	20.5	23.0	21.7	32.7	27.3	22.3	20.8	16.9	17.8

注) 2006-2009年のBOD、CODの数値には面的観測による汚染物質も計上しているため、2005年以前の定点観測方式のみの数値とは一様に比較はできない。

*出典：本溪市環境年鑑

(2) 市民の生活環境の改善

下表に示す受益者調査の結果から、本溪市の大気質と水質の改善により、生活環境や生活レベルが向上したことを多くの市民が認識している。

特に、大気質改善の効果として「衣類の汚れの軽減」や「せきや目の痛みの減少」を挙げる住民が多かった。

表 12 生活環境の改善にかかる市民の認識

大気質改善による効果【複数回答】	計(%)
粉塵による衣類の汚れが軽減した	89.2
せきや目の痛みが減った	81.7
洗濯物を外に干せるようになった	60.0
防塵のためのマスクやサングラスを使用しなくなった	24.2
その他	0.8

注：事後評価における受益者調査結果（市内住民の120人に対して2010年5月実施）

(3) 都市インフラの整備による生活レベルの改善

下表の通り、都市ガスや水道が整備されたことによる「生活の質的向上」を認識する市民は9割を超えている。特に水道事業については、給水量・水圧・水質にかかる質問においても満足度が高く、市民の生活レベルは改善していると判断される。

表 13 生活レベルの改善にかかる市民の認識（受益者調査結果）

都市ガス供給による効果【複数回答】	計(%)	水源地の移動、水供給による効果【複数回答】	計(%)
生活の質的向上に大変貢献した	63.3	生活の質的向上に大変貢献した	85.8
生活の質的向上に貢献した	31.7	生活の質的向上に貢献した	11.7
生活の質的向上には貢献していない	4.2	生活の質的向上には貢献していない	0.8
良く分からない	0.8	良く分からない	1.7

注：事後評価における受益者調査結果（市内住民の120人に対して2010年5月実施）

(4) 本溪市の環境対策への強化

環境観測センターに対する機材整備事業がサブプロジェクトの一つとして実施されたことから、本溪市全体のモニタリング能力が強化され、市政府の環境対策への取り組みを促すことにつながっている。

また、環境局からのヒアリングによると、本事業の開始直後は市政府の資金不足から環

環境保全事業⁷が進展せず、大気汚染問題は依然として重要課題に位置づけられていたが、本事業により環境局が選定した 20 件事業を、サブプロジェクトとして実行に移すことが可能となった。結果として、各サブプロジェクトの実施効果が確認され、環境分野への投資・融資に対する理解を促し、その後の体制強化を促す結果になったと環境局は認識している。

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

EIA については、事業開始前に批准を得ており、また環境保全局への聞き取り結果によると自然環境へのインパクトは特に見受けられない。

②住民移転・用地取得

審査時に計画された通り、住民移転は行われていない。一方、フェーズ（1）の「3）本溪ゴム化学工場 DMSO プラント移転・改善事業」に伴う 22,000m²の用地は、居住地区から離れた工業地区において取得され、問題は生じていない。なお、移転前には、工場の排ガス及び排水により周辺地域住民から多くの苦情が寄せられていたとのことであるが、今回受益者調査においては本工場移転後の問題は確認されなかった。

③その他正負のインパクト

環境保全局への聞き取り、及び受益者調査の結果から、騒音、振動についても、特に問題は見られない。

以上より、本事業は本溪市の環境質を大きく改善させており、また地域住民の日常生活などに正の影響を与えており、そのインパクトは大きい。

3.5 持続性(レーティング：b)

3.5.1 運営・維持管理の体制

現在稼働中のサブプロジェクトに関連する実施機関は、全 12 組織であり、そのうち 8 組織が国有企業改革の影響を受け、工事期間中あるいは工事完了後に民営化されている。また、民営化された 8 企業のうち、都市ガス供給会社（香港外資との合併）を除く 7 企業は原材料の製造に従事する中小企業であり、中国国内外の市場における競争激化の影響を受け、経営の効率化（生産部門人員の削減、専門技術者の増員）が図られたため、想定以上に運営・維持管理体制は強化されている。しかしながら、一部の中小規模企業体については、2008 年の経済危機以降に生産規模を縮小しており、財政局関係者からのヒアリングでは、この傾向は将来的にも続くものと予測している。この他、環境負荷の高い中小企業に

⁷ 本事業は市政府が掲げた「第九次五ヵ年計画」と「環境整備七年計画」の後半に開始され、環境局では、50 件もの環境対策事業を計画したが、資金の目途が立たない状況にあった。このような中、本事業のフェーズ(1)で投入された借入金は、市全体の環境投資額の約 40%を占めた。

については、政策的に淘汰される可能性も指摘されている。

一方で、民営化の影響を受けず、現在も国有企業を維持するのは本溪鋼鉄集团公司と北台鋼鉄集团公司の 2 企業である。両企業は、本溪市の好調な経済成長を支える製鉄業界を代表する大企業であり、運営・維持管理にかかる組織面、人材面にも十分な対応をしていることから問題点は見受けられない。また、製鉄業については、中央政府が全国規模での企業合併が進めていく方針を示していることから、将来的には経営形態が変わっていくことが予想されるが、運営・維持管理の体制には影響ないものとする。

その他、市政部門に属する環境観測セクターと本溪市自来水総公司の 2 組織についても、市政府の管轄下で運営・維持管理の体制が適切に構築されており、問題点はない。また、都市ガス供給会社についても、安全かつ安定したガス供給が行われるよう、市政府の方針の基づき、適切な運営維持管理体制が構築されている。

以上から、現時点では運営・維持管理の体制にかかる問題点はないが、一部のサブプロジェクトの実施機関については、将来的に不安要素が見受けられる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

本事業で導入された機材が稼働しているサブプロジェクトについて、設置された施設・資機材の操業、維持管理に関する技術面での問題は特段無い。特に、公共性が高く、受益者数が多いガス供給事業や水道事業については、安全な操業が求められることから、職員への安全管理・技術研修には重点が置かれている。

製造業にかかる中小企業については、目標生産量を達成することが企業経営にも影響することから、機材の日常点検や検査後の対応については細心の注意を払っているとのことであった。また、企業独自の技術研修を実施する企業もあり、若手技術者の育成にも積極的であった。

以上から技術面における問題は見受けられない。

3.5.3 運営・維持管理の財務

実施機関からの説明によると、公共系事業体（都市ガス、水道）、及び国有大規模企業体については、経営が順調に行われ、運営・維持管理にかかる資金も十分であることから、財務面での問題はないと判断される。また、現在安定した操業を継続する中小企業についても、民営化によって収益力の向上が目指されており、借入金の返済も適切に実施されている。但し、一部の小中規模企業体は、原材料価格の高騰、競争の激化、厳しい環境基準等の影響を受け、すでに生産規模を縮小させる傾向にあり、今後の企業経営に不安要素が見受けられる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

現在使用されている施設、資機材について、日常の運転・維持管理、故障・トラブル・修理への対応は問題ない。各サブプロジェクトに対する視察調査においても、導入された

施設や機材は概ね良好に維持管理が行われており、当初は悪臭や騒音等の問題を有していた企業についても、工場移転や密閉型施設の導入等により状況が改善されている。

受益者調査において、都市ガス供給、及び水供給にかかるサービスについて質問したところ、現在の状況に満足する市民が多数を占めており、運営状況に問題はないと考える。また、環境局からの意見によると、本溪市の大気質の改善には、本溪鋼鉄集团公司と北台鋼鉄集团公司の排ガス処理装置が大きく影響しているとのことで、本事業で導入された施設や機材が適切に運営・維持管理されている結果として、大気質の改善に貢献しているものと判断できる。

以上より、本事業の維持管理は現時点においては体制、技術、財務状況ともに問題ないが、将来的には一部のサブプロジェクトにおける体制、及び財務状況に問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は妥当性、及び有効性は高いが、サブプロジェクトの件数が18件と多く、事業管理の難しさから効率性については中程度となった。また、持続性については、一部のサブプロジェクトについて、今後の企業経営について不安要素が見受けられる。

以上より、本事業の評価は（B）高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

一部のサブプロジェクトについては、環境負荷が非常に高い汚染物質を排出する企業が含まれることから、突然に経営環境が悪化した場合においても、適切に汚染物質が処理されるよう、財務局との情報共有を行いつつ、環境局によるモニタリング強化が必要である。また、仮に企業が倒産した場合、本事業にかかる施設・資機材の売却、処分等が発生する場合は、実施機関は基本約定第6.01条（d）の観点から、JICAに対して情報提供を行なう必要があるため、実施機関は適切な情報収集・モニタリングに努める必要がある。

4.3 教訓

本事業の開始当初、中国側には環境分野に資金を投入することや環境対策を強化していくことに対する認識が不足しており、環境保全分野の事業を展開していくことが非常に困難な時期があった。そのような中、本事業の実施は、資金不足の解消につながっただけでなく、環境分野に対する投資・融資にかかる理解の促進、更には実施体制の強化にも貢献した。特に、市政府関係者や企業側に、環境対策への理解促進が図れたことは、本溪市の環境対策強化を加速させる一因にもなっている。

以上、本事業の実施は、中国側の環境汚染対策が進展しない中、環境局が選定した優先

度の高いサブプロジェクトを実行に移せるよう支援した結果、環境局の本事業に対する責任意識が高まり、経済状況や環境政策等が急速に変化していく中でも、多くのサブプロジェクトが今も継続するに至ったと判断される。このため、対象地域・対象セクターの現状・課題を十分に理解した上で、相手国政府（実施機関）とともに優先度の高いサブプロジェクトを選定することが、相手国側のオーナーシップを高め、そのことが事業全体の持続性にも貢献すると考える。

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
①アウトプット フェーズ(1) 1) 本溪電気機器工場 排ガス・排水処理事業	① 静電スプレー設備の導入 ② 排水処理設備の導入 ③ 脱硫・除塵装置の導入	サブプロジェクトの中止
2) 本溪製鉄所第2工場 転炉排気対策事業	① 転炉の密閉化 ② 開閉時排気の処理装置の導入 ③ 排ガスの転炉 ④ 一次集塵システムの改良 ⑤ 二次集塵システム新設	① 転炉の密閉化 ② 開閉時排気の処理装置の導入 ③ 排ガスの転炉 ④ 一次集塵システムの改良 ⑤ 二次集塵システム新設
3) 本溪ゴム化学工場 DMSO プラント移転・ 改善事業	① 本溪ゴム化工工場を移転(敷地面積 22,000 m ² 、建設面積 3791.4 m ²) ② 新たな排気・排水処理設備を備えた DMSO プラントの建設	① 本溪ゴム化工工場を移転：敷地面積 22,000m ² 、建設面積 3,791.4m ² ② 新たな排気・排水処理設備を備えた DMSO プラント1基の建設
4) 本溪セメント工場 防塵事業	① 除塵装置を備えた石炭サイロの建設 (直径 15m x 高さ 30m x 3基)	サブプロジェクトの中止
5) 本溪合金工場 W・ Mo 製造工程排気ガ ス・排水処理事業	① SO ₂ 、HCl、NH ₃ 、煤塵処理設備の導 入 ② 酸性・アルカリ性排水処理設備の導 入 ③ 既存のモリブデン精製についての技術 改造	①SO ₂ 、HCl、NH ₃ 、煤塵処理設備の導入 ②酸性・アルカリ性排水処理設備
6) 本溪鋳物化学工場 カーバイド製造工程 排気対策事業	① カーバイド炉の半密閉化 ② 集塵機の導入 ③ 10,000kVA の密閉式カーバイド炉の 建設	① カーバイド炉の半密閉化 ② 集塵機の導入 ③12,500kVA の密閉式カーバイド炉の建 設
7) 環境観測センター 拡充事業	① 大気自動式モニタリングシステム ② 大気・水質移動式モニタリングシス テム ③ 自動監視システム ④ 通常モニタリングシステム ⑤ 環境観測センターの事務・補助用棟 の改築・拡張	① 大気自動式モニタリングシステム ② 大気・水質移動式モニタリングシス テム ③ 自動監視システム ④ 通常モニタリングシステム ⑤環境観測センターの事務・補助用棟の 改築・拡張
8) 北台製鉄所高炉排 ガス利用事業	① ガスボイラー ② 単式抽気タービン発電設備 ③ その他関連施設の設置	① ガスボイラー ② 単式抽気タービン発電設備 ③ その他関連施設の設置
9) 上水取水場建設事 業	① 上水取水場の建設 ② 導水管(双管)の敷設	① 上水取水場の建設 ② 導水管(双管)の敷設
10) 石炭灰総合利用 事業	① スプリンクラーの導入 ② 建築材料工場の新設	① スプリンクラーの導入 ② 建築材料工場の新設
11) 本溪銅加工工場 排ガス・排水処理事業	① 排ガス処理設備の導入 ② 水浄化技術の改良 ③ 熱交換システム、及び濾過システ ムの導入 ④ 銅箔表面処理技術の改良	① 排ガス処理設備の導入 ② 水浄化技術の改良 ③ 熱交換システム、及び濾過システ ムの導入 ④ 銅箔表面処理技術の改良
12) 本溪製薬工場排 水処理事業	① 工程の自動制御装置の導入 ② 排水処理設備の導入 ③ 酵母菌製造プロセスのための温度調 整装置、生物処理施設の設置 ④ 深井戸型曝気 ⑤ 集水池、配水池、深井戸装置、バイ オ流動床の建設	① 工程の自動制御装置の導入 ② 排水処理設備の導入 ③ 酵母菌製造プロセスのための温度調 整装置、生物処理施設の設置 ④ 深井戸型曝気 ⑤ 集水池、配水池、深井戸装置、バイ オ流動床の建設
13) 本溪プラスチック 化学工場苛性ソー ダ製造工程改善事業	① 年産2万tの生産設備を建設 ② 製造プロセスの更新(イオン隔膜法) ③ 排ガス・排水処理装置の導入 ④ 2次塩水浄化装置、淡塩水脱塩素装	① 年産2万tの生産設備を建設 ② 製造プロセスの更新(イオン隔膜法) ③ 排ガス・排水処理装置の導入 ④ 2次塩水浄化装置、淡塩水脱塩素装

	置、純水製造装置他の設置	純水製造装置他の設置
フェーズ(2) 1) 第5期都市ガス化事業	① コークスガス供給基地1カ所の建設 ② LPガス供給基地2カ所の建設 ③ ガス配管 ④ LPガスボンベ供給基地1カ所の建設	① コークスガス供給基地1カ所の建設(高台子液化ガス工程) ② LPガス供給基地2カ所の建設 ③ ガス配管 ④ LPガスボンベ供給基地1カ所の建設
2) 北台製鉄転炉排ガス対策事業	① 5万m ³ のゴム密封乾式ガスタンク1基 転炉ガス電気集塵機2台 ② 静電気集塵システム建設 ③ 石炭ガス加圧ステーションの建設(ガス加圧機2台) ④ 自動制御計器の建設 ⑤ 2万t/年のスラグ圧縮ボール製造設備の建設 ⑥ 転炉鉄鋼スラグのドラム式蒸し焼き処理設備の設置	① 5万m ³ のゴム密封乾式ガスタンク1基 転炉ガス電気集塵機2台 ② 静電気集塵システム建設 ③ 石炭ガス加圧ステーションの建設(ガス加圧機2台) ④ 自動制御計器の建設 ⑤ 2万t/年のスラグ圧縮ボール製造設備の建設 ⑥ 転炉鉄鋼スラグのドラム式蒸し焼き処理設備の設置
3) 化学工場汚染対策事業	① DMDS工場の脱硫装置設置 ② 既存の化工工場を区画した化工地区(2万5000m ³)内に移転 ③ 排水処理等環境対策設備を備えた新生産プロセスの工場建設	① DMDS工場用の脱硫装置 ② 既存の化工工場を区画した化工地区(2万5000m ³)内に移転 ③ 排水処理等環境対策設備を備えた新生産プロセスの工場建設
4) 溶剤工場汚染対策事業	① 軟質カルシウムカーボネイト工場の設置 ② 酸化防止剤工場の生産プロセスの改良、及び脱硫装置の設置 ③ 集塵機の設置 ④ 沈殿池等環境対策装置の設置	① 軟質カルシウムカーボネイト工場の設置 ② 酸化防止剤工場の生産プロセスの改良、及び脱硫装置の設置 ③ 集塵機の設置 ④ 沈殿池等環境対策装置の設置
5) 潤滑剤工場汚染対策事業	① 硫化モリブデン工場、潤滑油工場、グリース工場の生産プロセスの改良 ② 関連生産設備と補助設備の建設 ③ 公共工程(Public Construction)と環境保護施設を建設 ④ SO ₂ 回収装置、油回収装置、排水処理施設等環境対策設備の設置	① 硫化モリブデン工場、潤滑油工場、グリース工場の生産プロセスの改良 ② 関連生産設備と補助設備の建設 ③ 公共工程(Public Construction)と環境保護施設を建設 ④ SO ₂ 回収装置、油回収装置、排水処理施設等環境対策設備の設置
6) 太子河飲料水汚染対策事業	① 浄化給水設備 80,000m ³ /日 ② 配水管網 7km	① 浄水場拡張処理能力: 80,000m ³ /日 ② 送配水管設備 延長: 10km
フェーズ(3) 1) 北台製鉄コークス炉環境汚染対策	① コークス製造施設の建設(石炭前処理、コークス製造、ガス収集浄化システム、排水処理) ② 付属施設として変電所等の生産補助施設と管理、環境整備施設の建設(総敷地面積 261,000 m ³)	① コークス炉とコークス生産施設の建設(石炭前処理、コークス製造、ガス収集浄化システム、排水処理) ② 付属施設として変電所等の生産補助施設と管理、環境整備施設の建設
②期間	フェーズ(1): 1997年10月～2001年12月(51ヶ月) フェーズ(2): 1998年12月～2002年3月(40ヶ月) フェーズ(3): 2000年7月～2002年3月(21ヶ月)	フェーズ(1): 1997年10月～2002年12月(63ヶ月) フェーズ(2): 1998年12月～2004年7月(68ヶ月) フェーズ(3): 2000年7月～2002年6月(24ヶ月)
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	フェーズ(1) 外貨: 4,110百万円 内貨: 5,808百万円 合計: 9,918百万円 うち円借款分: 4,110百万円 換算レート: 1円=12(1996年1月)	フェーズ(1) 外貨: 4,058百万円 内貨: 5,594百万円 合計: 9,652百万円 うち円借款分: 4,076百万円 換算レート: 1円=14.13(1997年～2002年平均)

	<p>フェーズ(2) 外貨：3,237百万円 内貨：3,327百万円 合計：6,564百万円 うち円借款分：3,237百万円 換算レート：1元=12 (1996年1月)</p> <p>フェーズ(3) 外貨：1,160百万円 内貨：4,202百万円 合計：5,362百万円 うち円借款分1,160百万円 換算レート：1元=12 (1996年1月)</p>	<p>フェーズ(2) 外貨：3,082百万円 内貨：2,829百万円 合計：5,916百万円 うち円借款分：3,237百万円 換算レート：1元=13.93 (1998年～2004年平均)</p> <p>フェーズ(3) 外貨：1,160百万円 内貨： 820百万円 合計：1,980百万円 うち円借款分：1,159百万円 換算レート：1元=13.85 (2000年～2002年平均)</p>
--	--	--