

0. 要旨

本事業は、大連、重慶、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想¹」の一環として実施された。大連市は、主なエネルギー源を石炭に依存しており、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施は喫緊の課題であった。二酸化硫黄²（Sulfur Dioxide、SO₂）や総浮遊粒子物質³（Total Suspended Particular、TSP）等の大気汚染物質排出量の削減に関して、実績確認ができた 4 件のサブプロジェクトにおいて概ね計画通りの効果の発現が見られた。実施主体と直接実績確認できなかった 1 件についても、入手できた情報の範囲では環境基準を超えて汚染物質を排出している事実は認められなかった。また、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。よって、本事業の有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費が計画を上回り、事業期間も計画を大幅に上回ったため、低い。一方、各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、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、本事業の評価は高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



キルン出口の電気集塵機（右四角部分）

¹ 1997 年日中首脳会談において提唱された。

² 主要な大気汚染物質の 1 つで、石炭や石油等、硫黄を含む燃料の燃焼により発生する気体。酸性雨の原因の 1 つ。

³ 総浮遊粒子物質とは、大気中に浮遊する煤塵等の直径 100 ミクロン以下の粒子状物質のことである。煤塵は煤煙のひとつで、すすや燃えかすの固体粒子状物質のことをいう。

1.1 事業の背景

中国では、1980年代以降順調な経済成長に伴い、工業化と人口増加によって環境汚染が進んだ。とりわけ、工業原料、発電・暖房燃料としての石炭燃焼によるSO₂、TSP、窒素酸化物⁴（Nitrogen Oxide、NO_x）の発生が深刻であり、主要都市のSO₂濃度及びTSP濃度は都市居住地域に適応される国家環境大気質2級基準⁵（以下、国家2級基準）を満たせないほど悪化していた。本事業対象の大連市の都市部においても、急速な工業化や自動車台数の増加などに伴う深刻な大気汚染等の問題に直面していた。大気汚染の程度は貴陽、重慶ほど深刻ではないが、エネルギー源の石炭依存度は69%と高く、冬季におけるSO₂濃度は、国家2級基準を超えていた。このような背景のもと、1997年「環境モデル都市構想」が提唱され、モデル都市の1つとして大連市が選定され、本事業が実施されることとなった。

1.2 事業の概要

大連市において、1) 大連製薬工場（当時）⁶の環境保護対策、2) 塩島化学工業区熱電工場建設、3) 春海熱電工場増設、4) 大連セメント粉塵処理、5) 大連鋼鉄（当時）⁷電炉汚染対策、の5つのサブプロジェクトを実施することにより、大気質の改善を図り、もって大連市の環境改善に寄与する。大連市の本事業位置図を図1に示す。



図1 事業位置図

⁴ 窒素酸化物は石炭等の燃焼や自動車の走行に伴って発生する汚染物質であり、光化学スモッグの発生要因の一つである。

⁵ SO₂、TSP、NO₂など、大気汚染物の濃度などに関して設けられた基準。3級に分けられ、1級が一番厳しい基準。自然保護区には1級、商業地区、住宅地区、農村地区、一般工業地区には2級、特定工業地区には3級が適用される。

⁶ 2000年、大連医薬集団大連製薬場から大連美羅大薬場に変更。

⁷ 2004年、東北特殊鋼鉄会社に変更。

円借款承諾額 / 実行額	第一期 5,315 百万円/2,273 百万円 第二期 3,202 百万円/3,116 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	第一期 2000 年 3 月 / 2000 年 3 月 第二期 2001 年 3 月 / 2001 年 3 月
借款契約条件	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	中華人民共和国政府 / 大連市人民政府
貸付完了	第一期 2006 年 5 月、第二期 2010 年 7 月
本体契約	Dalian International Company (中国)、丸紅 (日本)
コンサルタント契約	なし
関連調査等 (フイージビリティ・スタディ: F/S)	1) 大連製薬工場の環境保護対策: 上海医薬設計院 (1996 年 6 月)、2) 塩島化学工業区熱電工場建設: 瀋陽有色冶金設計院 (1998 年 5 月)、3) 春海熱電工場増設: 黒龍江省電力設計院 (1998 年 1 月)、4) 大連セメント粉塵処理: 天津水泥工業設計研究院 (1999 年 12 月)、同事業移築に関する F/S: 南京水泥設計院 (2005 年 2 月)、5) 大連鋼鉄電炉汚染対策: 北京鋼鉄設計研究院 (2000 年 3 月)。
関連事業	◆ 北九州市と大連市との都市間環境協力 (1992 年~1995 年)。 ◆ 開発調査「大連市環境モデル地区整備計画」 (1996 年~2000 年)。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

三浦順子 (グローバルリンクマネージメント株式会社)

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: 2011 年 8 月~2012 年 9 月

現地調査: 2011 年 11 月 13 日~26 日、2012 年 3 月 5 日~15 日

2.3 評価の制約

有効性の評価における制約は、以下の 2 点である。

春海熱電工場は、中小ボイラーを大型ボイラーに転換することで、大気汚染物質の排出量削減を目指した。しかし、同事業はすべて自己資金で実施され、その後実施主体も変わり工場も移転したことから、設置された設備の稼働状況や大気汚染物質の排出量削減の実績について確認できなかった。よって、大連市環境保護局の情報により補完して評価を行った。

大連鋼鉄 (当時) 電炉汚染対策事業では、対象設備のみの SO₂ 排出量実績データが得られなかったため、対象設備導入による SO₂ 排出削減量について、審査時に設定された計画値と事後評価時入手できた試算を比較した。

したがって、有効性に関しては、上記の評価の制約を踏まえたうえで、評価判断を行った。

3. 評価結果（レーティング：B⁸）

3.1 妥当性（レーティング：③⁹）

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 審査時の開発政策

審査時（2000年）の国家第9次環境保護5ヵ年計画（1996年～2000年）においては、主要な汚染物質の総排出量の1995年レベルへの削減、工業汚染源における排出基準値の達成等を目標としていた。中国政府は、1995年大気汚染対策法¹⁰の改正により「SO₂汚染規制区」、「酸性雨規制区」¹¹を導入、1998年に地域を指定して重点的に汚染対策を実施した。第10次環境保護計画（2001年～2005年）においては、より一層環境改善を図るため、主要汚染物質の総排出量の2000年比10%削減、上記2つの抑制区ではSO₂の総排出量の2000年比20%削減を目標とした。

大連市の第9次環境保護計画（1996年～2000年）及び2010年長期計画では、年平均大気汚染濃度に関して、2005年までに国家2級基準の達成を目標としていた。目標値は以下の通り。

表1 大連市の年平均大気汚染濃度の目標

単位：mg/m³

汚染物質	国家2級基準	2000年	2005年	2010年
SO ₂	0.06	0.05	0.04	0.014
TSP	0.20	0.18	0.15	0.034
NOx	0.05	0.06	0.05	0.07

出所：JICA 審査時資料

上記の目標達成に向けた対策として、1) 主要汚染源工場の移転・改造等による都市計画による工業分野の配置転換と産業構造の調整、2) 汚染物質排出総量規制等による工業汚染防止の強化と大気質への悪影響の排除、3) 集中熱供給の拡大等による都市環境総合整備の強化と都市機能の完備の方針を打ち出していた。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

国家第11次環境保護5ヵ年計画（2006年～2010年）では、SO₂排出量の10%削減、現行の同第12次計画（2011年～2015年）では、SO₂排出量の8%削減を拘束性の目標として掲げた¹²。第11次計画における全国のSO₂排出量削減目標10%は、2,294万トン

⁸ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

⁹ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

¹⁰ 中国の大気汚染対策の基本的枠組みは、大気汚染対策法によって定められている。大気汚染対策法は、1987年に制定され、1995年、2000年に改正された。大気汚染物の排出規制の基本は、汚染物質の排出源に対する濃度による規制である。国務院は国家環境大気質基準を設定し、それを達成するため国家排出基準を定めている。また、地方政府は、国が未制定のものについて地方基準を定めたり、国家基準より厳しい地方基準を定めることもできる。

¹¹ SO₂汚染抑制区は、SO₂汚染の深刻な地域、酸性雨抑制区は既に酸性雨が発生しているか、もしくは発生する可能性がある地域である。大連市街区はSO₂抑制区に指定されている。

¹² 拘束性の目標は予測性の目標と区別され、法律と同等の効力を持つ。第11次5ヵ年計画で初めて導入された。

に相当し、第 12 次計画における同目標 8%は 2,086 万トンに相当する。同目標を達成するため省毎に目標が設定されており、遼寧省では、前者においては 120 万トンから 105 万トンに（削減率 12%）、後者においては 117 万トンから 105 万トン（削減率 11%）に削減することが目標として掲げられた。

大連市の第 11 次環境保護計画（2006 年～2010 年）においては、SO₂ 総排出量約 10 万トン以下、化学的酸素要求量¹³（Chemical Oxygen Demand、COD）総排出量を約 5 万トン以下、粉塵総排出量約 7 万トン以下の達成を掲げていた。また、主要な対策として、1) 重点区域における管理の強化、2) 循環経済発展の推進に向けた節約型社会の建設、3) 大気汚染問題解決のためのエネルギー構造の調整、4) 汚水処理場の建設と海洋環境の改善、5) 廃棄物管理の強化、6) 公害管理、7) 農村及び生態環境保護の強化、8) 環境モニタリングシステムの改善による環境管理能力の強化が挙げられている。そのうち、1) に関しては、特に大気汚染が激しい甘井子区にある 5 企業の移転と汚染対策の強化が掲げられた。具体的には、本事業対象の旧大連鋼鉄や大連水泥（セメント）会社の移転および先進的な技術の導入、環境負荷が高く小規模な製鉄炉の廃棄とエネルギー効率の良い電炉の導入による排煙問題の解決などが挙げられている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時においては、大連市の中心部では急速な工業化や自動車台数の増加等に伴い、深刻な大気汚染等の問題に直面していた。大気汚染の程度は貴陽や重慶ほど深刻ではないが、エネルギー源の石炭依存度は 69%と高く、冬季における SO₂ 濃度は、都市居住地域に適応される国家 2 級基準を超えていた。大連市は 1998 年に「SO₂ 汚染抑制区」として指定を受けて以降、事後評価時に至るまで汚染対策の強化を図っている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時、国際協力機構（JICA、当時 JBIC）の海外経済協力業務実施方針においては、環境を対中国円借款の重点 3 分野の 1 つとしていた。また、同行の国別業務実施方針においても、中国の環境問題を地球規模的問題と位置づけ、大気汚染対策などを通じた支援を重点的に検討する方針としていた。日本政府の対中経済協力計画（2001 年）では、環境、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度づくり、技術移転等を優先分野とし、「環境問題等、地球規模の問題に対処するための援助協力」を最重要課題としていた。また、本事業は、1997 年、日中首脳会談（当時、橋本首相と李鵬首相）にて提唱された「環境モデル都市構想」に沿って実施されたものであり、日本の援助政策との整合性は高い。モデル都市の選定にあたっては、深刻な大気汚染状況（重慶市、貴陽市）、過去の日中協力実績（大連市）が考慮された。

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。

¹³ 河水の汚染度を示す指標。

3.2 有効性（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用・効果指標（汚染物質排出量及び削減率）

(1) 大連製薬（当時）工場の環境保護対策（フェーズ I）

表 2 に汚染物質排出量及び削減率¹⁴の計画と実績を示す。

表 2 汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）

指標	基準	計画	実績					
	2000 年	2003 年 (事業 完成後)	2004 年 (事業 完成後)	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2011 年
SO ₂ 排出量 (トン/年)	170	0 (-170)	0	0	0	0	0	115 (-55)
TSP 排出量 (トン/年)	364	0 (-364)	0	0	0	0	0	0
COD 排出量 (トン/年)	10,074	25 (-10,049)	31.8 (-10,042)	31.8 (-10,042)	31.8 (-10,042)	31.8 (-10,042)	13.8 (-10,060)	30 (10,044)
COD 削減率 (%)	-	99.8	99.7	99.7	99.7	99.7	99.9	99.7

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は大連美羅大薬場質問票回答。

注 1：（ ）内の数値は削減量を示す。

注 2：SO₂ と TSP の削減分は既存ボイラーを廃止し、高新園區からの集中供熱に転換することを前提とした試算。COD の削減分は廃水処理施設による処理を行うことを前提とした試算。

注 3：2009 年及び 2010 年は再移転のため工場が稼働していなかったため、データなし。

【SO₂ および TSP】2003 年 10 月、計画どおり、沙河口区から高新園區へ工場が移転し、自前の熱電供給から高新園區の集中供熱に計画通り転換した。これにより、2004 年～2008 年まで、石炭及び重油燃焼による SO₂ 及び TSP の排出量はゼロで、削減率は 100%であった。2011 年の SO₂ 排出量が 115 トン/年（削減率 32.4%）となったのは、審査時想定していなかった甘井子区の宮城子地区への再移転により、集中供熱ではなく、自前のボイラーで熱電供給することになったためである。

【COD】廃水処理施設は計画通り完成し、運用されている。表 2 のとおり、2004 年～2007 年および 2011 年の COD 削減率は 99.7%、2008 年の削減率は 99.9%である。



新工場 国際製造部門



ブリストー包装機



缶包装機

¹⁴ 削減量/基準排出量。

(2) 塩島化学工業区熱電工場建設（フェーズ I）

表 3 に大気汚染物質排出量及び削減率の計画と実績を示す。

表 3 大気汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）

指標	基準	計画	実績				
	2000 年	2003 年 (事業 完成後)	2005 年 (事業 完成後)	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
SO ₂ 排出量 (トン/年)	4,515	1,081 (-3,434)	1,078 (-3,437)	1,092 (-3,423)	1,089 (-3,426)	1,091 (-3,424)	1,080 (-3,435)
SO ₂ 削減率 (%)	-	76.0	76.1	75.8	75.9	75.8	76.1
TSP 排出量 (トン/年)	411.	154 (-257)	149 (-262)	151 (-260)	153 (-258)	155 (-256)	152 (-259)
TSP 削減率 (%)	-	62.5	63.7	63.3	62.8	62.3	63.0
NO _x 排出量 (トン/年)	1,419	928 (-491)	925 (-494)	934 (-485)	927 (-492)	925 (-494)	926 (-493)
NO _x 削減率 (%)	-	34.6	34.8	34.2	34.7	34.8	34.7

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は大連染料化工有限公司質問票回答。

注：（ ）内の数値は削減量。計画の各指標の削減分は既設の中小ボイラー14 台の廃止に基づく試算。

SO₂、TSP、NO_x の排出量削減の前提となる、既設の中小ボイラー14 台の廃止、大型ボイラーや発電ユニットの導入は計画通り実施された（効率性参照）。設備は計画どおり運用され、表 3 のとおり、SO₂、TSP、NO_x、いずれの削減率もほぼ計画通りであった。

一方、大気汚染物質削減を目的として、国家第 11 次 5 ヶ年計画期間中（2006 年～2010 年）、「上大圧小」という、小規模の発電所を閉鎖し、大・中規模の発電所に集約する政策が実施された¹⁵。国全体で 5,000 万 kW の小規模発電所を閉鎖する計画に対して、2009 年までに計 6,006 万 kW の小規模発電所が閉鎖された¹⁶。右政策の一環として、当該工場も 2009 年をもって熱供給を停止した。本事業による効果ではないが、小規模発電所の閉鎖は結果として大気汚染の改善に貢献しており、有効性においてマイナスに評価されるものではない。



塩島熱電工場全景



発電機



発電施設外観

¹⁵ 出所：大連染料化工有限公司への聞き取り調査。

¹⁶ 出所：中国の第十二次 5 ヶ年計画における緑色発展の実態と動向、科学技術振興機構 中国総合研究センター、2011 年。

(3) 春海熱電工場増設（フェーズ I）

表 4 に大気汚染物質排出量の基準/計画を示す。

表 4 大気汚染物質排出量（基準/計画）

単位：トン/年

指標	基準	計画
	2000 年	2003 年（事業完成後）
SO ₂	5,277	1,141 (-4,136)
TSP	1,147	743 (-404)
NO _x	2,584	1,813 (-771)

出所： JICA 審査時資料。

注： 計画の（ ）内の数値は削減量を示す。削減分は既設中小ボイラー24 台の廃止に基づく試算。

大連市財政局への聞き取り調査によると、当該サブプロジェクトの実施主体は他企業に吸収され、春海熱電工場は操業を停止し、熱電工場は大連港から大窯湾に移転したとのことである。また、同財政局によると、本事業のアウトプットは L/A 調印後工場移転のため取消しとなったとのことであった。一方、2002 年の JICA 内部資料によると、2000 年末に全て自己資金で完成した旨、大連市政府から日本側に伝えられている。いずれにせよ、本事業により設置された大型ボイラーが移転先に再設置されたかどうか、再設置された場合の稼働状況、大気汚染物質排出量などのデータが得られなかったため、評価できなかった。しかしながら、大連市環境保護局への聞き取り調査によると、大連市の熱電工場の中小ボイラーはほとんど大型ボイラーに転換されており、環境基準を超えて汚染物質を排出している熱電工場は皆無であるとのことであった。

(4) 大連セメント粉塵処理（フェーズ II）

表 5 に大気汚染物質排出量及び削減率の計画と実績を示す。

表 5 大気汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）

指標	基準	計画	修正後計画	実績			
	2000 年	2003 年	2008 年 （事業完成後）	2008 年 （注 2）	2009 年 （事業完成後）	2010 年	2011 年
セメント 生産量（参考） （万トン/年）	55	73	182	77.4	162.0	212.1	181.1
SO ₂ 排出量 （トン/年）注 1	2,070	1,638 (-432)	269 (-1,801)	89.0 (-1,981)	109.1 (-1,961)	123.0 (-1,947)	127.3 (-1,943)
SO ₂ 削減率 （%）	-	20.1	87	95.7	94.7	94.1	93.9
TSP 排出量 （トン/年）注 1	8,370	700 (-7,670)	466 (-7,904)	160.6 (-8,209)	259.4 (-8,111)	291.3 (-8,079)	283.5 (-8,086)
TSP 削減率 （%）	-	91.6	94.4	98.1	96.9	96.5	96.6

出所： 基準と計画は JICA 審査時資料。2008 年の修正後計画は変更後の計画（2006 年）。実績は、大連水泥公司質問票回答。

注 1： （ ）内の数値は削減量を示す。

注 2： 新工場は 2008 年 7 月に操業を開始したことから、2008 年のセメント生産量及び SO₂・TSP の排出量は 5 ヶ月分のみ。

効率性で後述するとおり、セメント工場は大連市政府の環境政策の一環として、実施段階で市街区の甘井子区から郊外の金州新区に移転した。右移転計画に伴い、2006年、アウトプット、SO₂ 及び TSP の計画値を変更することが合意され、アウトプットはほぼ修正後の計画通り実施された（効率性参照）。表 5 のとおり、SO₂、TSP いずれも、削減率の実績は修正後の計画を上回った。



袋式集塵機



余熱発電システムのタービン



石灰石用ベルトコンベヤー

(5) 大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策（フェーズ II）

表 6 に大気汚染物質排出量及び削減率の計画と実績を示す。評価の制約に示したとおり、本事業は工場の一部の設備を対象としているが、対象設備のみの TSP 排出量や SO₂ 排出量のデータがないため、工場全体（合計 10 の生産ライン）の排出量を示した。また、鉄鋼生産量も参考として表 6 に追記した。さらに、アウトプットにより完成時期が異なり、かつ旧工場と新工場にまたがって実施されたため、アウトプットの完成時期についても、排出量との関係が分かるように同表にあわせて示した。なお、効率性で後述するとおり、2005 年に大連市政府が郊外への工場移転を決定したことから、旧工場は 2011 年 8 月閉鎖され、すべての機能が新工場に移転し、新工場は 2011 年からフル稼働している。

表6 大気汚染物質排出量及び削減率（計画/実績）とアウトプットとの関係

項目	基準 2000年	事業完 成後の 計画	旧工場実績								新工場実績		
			2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2010年	2011年	
鉄鋼生産量(万吨/年) (参考)	35.0	43.0	45.8	53.5	51.3	45.0	50.0	41.0	42.0	42.0	12.4	46.3	
石炭消費量(万吨/年) (参考)	12.1	NA	18.4	23.6	28.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
SO ₂	排出量(トン/年)	160.0	78.0	259.0	306.7	398.9	396.0	275.5	309.0	309.0	309.0	90.0	185.0
	削減量(トン/年)	-	82.0	-99.0	-146.7	-238.9	-236.0	-115.5	-149.0	-149.0	-149.0	70.0	-25.0
	削減率(%)	-	51.3	-61.9	-91.7	-149.3	-147.5	-72.2	-93.1	-93.1	-93.1	43.8	-15.6
TSP	排出量(トン/年)	3,613	243.0	572.7	318.3	306.4	306.4	308.6	378.0	378.0	378.0	80.0	169.0
	削減量(トン/年)	-	3370.0	3,040	3,295	3,307	3,307	3,304	3,235	3,235	3,235	3,533	3,444
	削減率(%)	-	93.3	84.1	91.2	91.5	91.5	91.5	89.5	89.5	89.5	97.8	95.3

(旧第二工場)2003年40トン電炉用集塵機1セット取付完了、2004年1セット取付完了、いずれも2011年まで稼働。TSP排出削減に貢献。

(新工場)2009年連続鋳造設備取付完了、現在稼働中。SO₂排出削減に貢献。

(旧第二工場)2004年20トン電炉3基廃棄(電炉自体廃棄のため、設置予定の集塵機は取消)。TSP排出削減に貢献。

(新工場)2009年40トンAOD+集塵機1セット取付完了、現在稼働中。TSP排出削減に貢献。

(旧第一工場)2003年10トン電炉3基+15トン電炉3基は、計画通り廃棄(内貨分)。TSP排出削減に貢献。

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は東北特殊鋼鉄公司質問票回答。SO₂ 排出量・TSP 排出量の元データは大連市環境保護局の検測報告書。

注：SO₂ の計画削減量は連続鋳造設備の導入、TSP の計画削減量は旧式電炉の廃止、集塵設備の設置を前提とした試算。

【TSP】TSP 排出量削減の前提となる旧式電炉の廃棄や集塵機の設置は、2004 年までに計画通り実施された(詳細は効率性参照)。TSP 削減率は、事業完成の 2003 年以降、計画の 93.3%にわずかに及ばなかったものの、8 割～9 割であった。

40 トンアルゴン酸素脱炭(AOD)¹⁷精錬炉(年間生産量 10 万トン)と集塵設備 1 セットは、2009 年新工場に設置された¹⁸。新工場がフル稼働している 2011 年の TSP 削減率は、計画 93.3%に対して、実績 95.3%であった。新工場の AOD 精錬炉と集塵設備は、本事業で設置した 1 セットのみであること¹⁹から、上記の指標達成は本事業のみの効果ととらえることが出来る。

【SO₂】SO₂ 排出量削減の前提である連続鋳造設備²⁰1 セットは、2009 年末に新工場に

¹⁷ アルゴンで希釈された酸素を吹き込むことによって、脱炭反応を進めるプロセス。

¹⁸ 出所：東北特殊鋼鉄公司への聞き取り調査。

¹⁹ 出所：同上。

²⁰ 連続鋳造設備は、溶けた鉄が固まる過程で一定の形の半製品である鋼片を作る設備である。鋼片はその後さまざまな形に加工される。日本では、1960 年代まで、鋳型に溶鋼を流し込んで、自然に冷やして固めた鋼鉄を再び加熱して分塊圧延機で伸ばし、鋼片を作っていた。しかし、この分塊法は冷却したものを再加熱するため、熱効率が悪かった。1970 年代に連続鋳造設備が発明されると、冷やして固める分塊工程が省かれ、溶鋼から鋼片まで一度に作れるようになり、生産性向上と省エネルギーが実現された。出所：新日本製鐵編著、鉄と鉄鋼がわかる本、2004 年。

設置された²¹。図2に連続鋳造設備の概略図を示した。

新工場がフル稼働した2011年の対象設備のみのSO₂排出量実績データが得られなかったため、ここでは、対象設備導入によるSO₂排出削減量に関して、審査時に設定された計画値（82.0トン/年）と事後評価時入手できた試算を比較する。東北特殊鋼鉄会社の試算では、本事業で調達した連続鋳造設備1セットの導入により、SO₂排出量が82.5トン/年削減された。試算方法は以下のとおりである。同設備による鋼片生産量は31.25万トン/年、分塊法（注20参照）で生産した場合の鋼片生産量1トンあたりの石炭ガス消費量は1,000 m³である。したがって連続鋳造設備の導入により、石炭ガス消費量312,500,000 m³を削減することができたことになる。石炭ガス消費量100万m³あたりのSO₂排出量が264kgであることから、SO₂排出量82.5トン/年（312.5 m³ x 264kg = 82,500kg）を削減した計算になる²²。JICA審査時資料には、計画削減量82.0トン/年の計算方法が示されていないため、単純比較できないが、本事業対象設備により計画削減量を達成したことになる。

なお、新工場には、本事業により調達した連続鋳造設備1セットのほか、同等以上の生産能力を有した設備が3セットあり、その生産能力の合計は約1,530,000トン/年である。単純計算すると、連続鋳造設備4セットの導入により、工場全体でSO₂排出量約404トン/年（1,530,000トン ÷ 312,500トン × 82.5トン）を削減した計算になる。

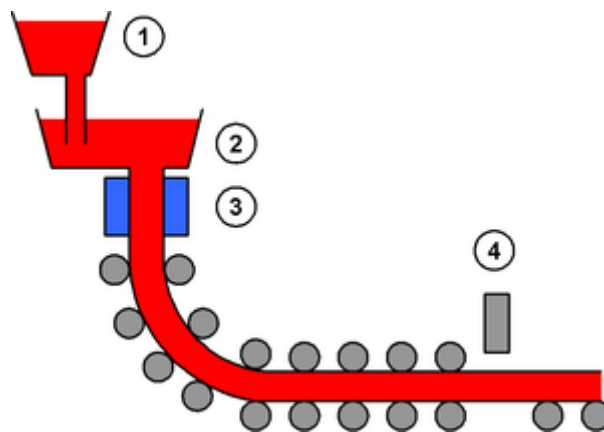


図2 連続鋳造設備の概略図

1: 取鍋。最上部にある取鍋に溶鋼を注入する。取鍋では溶鋼中にある介在物が浮かぶので、それを除去する。**2: タンディッシュ** タンディッシュでも介在物を浮かせて除去する。**3: 鋳型** 鋳型は水冷されているため、鋳型に接した溶鋼は急冷されて凝固し始める。**4: ガス切断機** 固体となった鋼片はガス切断機で適度な長さに切断される。

出所：新日本製鐵編著、鉄と鉄鋼がわかる本、2004年

²¹ 出所：東北特殊鋼鉄会社への聞き取り調査。

²² 出所：同上。



東北特殊鋼鉄工場全景



AOD 製錬炉及び集塵設備



連続鋳造設備

3.2.2 定性的効果

指標とはなっていないが、本事業の実施により、石炭や石油、電力などの消費量が抑制されたことが確認された。例えば、製薬工場では、1997年の年間石炭消費量は2,509トン、電力消費量は6千万kWh（キロワットアワー）、重油消費は約1.5万トン、ガソリン消費は115トン、ディーゼル消費は171トンであり、すべて合計すると標準石炭換算で計30,811トンであった。本事業実施後のエネルギー消費量は、2005年時点で、標準石炭換算で約5,200トンであり、1997年のエネルギー消費量の17%に減少した²³。

また、セメント工場では、本事業により発電機（7,500KW）を設置し、キルン出入口からの余熱を利用して、年間5,040万kWh発電している。これにより、年間2～3万トンの石炭を節約し、年間5万トンのCO₂排出量を抑制しているとのことである²⁴。また、移転に伴う設備更新により、セメント1トンの生産に必要な石炭消費量が240kgから110kgに減少し、セメント1トンの生産に必要な電力消費量も125kWhから98kWhに減少した。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 大連市における大気質の改善

1996年から現在まで適用されている国家2級基準では、審査時に本事業の成果指標として設定されたSO₂、TSP、NO_xの年平均濃度のほか、吸入可能粒子状物質²⁵（Particulate Matter less than 10 micron、以下PM10）や二酸化窒素（Nitrogen Dioxide、以下NO₂）等の平均濃度の限界値を定めている。大連市では他の都市と同様、TSP、NO_xに代わり、PM10、NO₂を主要指標としてモニタリングしており、本調査で得られたデータもSO₂、PM10、NO₂である。PM10、NO₂に関しては計画と実績を比較することが出来ないため、国家2級基準と実績を比較する。表7に、SO₂、TSP、PM10、NO_x、NO₂の国家2級基準、基準、計画、実績を示す。

²³ 出所：大連美羅大薬場借款状況報告書。

²⁴ 出所：大連水泥公司質問票回答。

²⁵ 空気動力学径10マイクロメートルにおいて捕集効率が50%となる粒子であり、世界的に一般に用いられる定義。

表7 大連市（中心部）の年平均大気汚染濃度（基準/計画）

単位：mg/m³

項目	国家2級基準	大連市中心部基準	大連市計画				大連市実績	
		1999年	2000年	2005年	2010年	2005年	2010年	
SO ₂	0.060	0.038	0.050	0.040	0.014	0.044	0.037	
TSP	0.200	0.146	0.180	0.150	0.034	NA	NA	
PM ₁₀	0.100	NA	NA	NA	NA	0.085	0.058	
NO _x	0.050	0.046	0.060	0.050	0.070	NA	NA	
NO ₂	0.040	NA	NA	NA	NA	0.032	0.040	

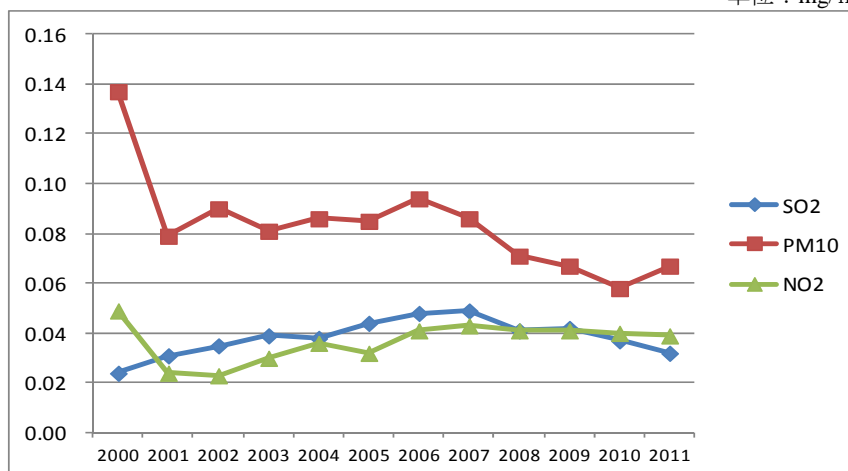
出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は大連市環境保護局提供データ（元データ：大連市環境状況公報）。

注：計画は大連市環境保護第9次5ヵ年計画（1996-2000年）及び2010年長期計画における数値。

表7のとおり、大連市環境保護第9次5ヵ年計画（1996年～2000年）における2000年の計画値は1999年に既に達成していた。2005年及び2010年計画については、工業化等に伴い大気汚染が深刻化することが予測されるため、本事業を含む環境対策を行うことにより、1999年レベルの大気汚染濃度を維持することを目指していた。2005年及び2010年実績に関しては、SO₂は計画を達成しなかった。その理由として、環境対策の実施にも関わらず、工業化や自動車台数の増加等により大気汚染が予測よりも深刻化したことが考えられる。一方、SO₂を国家2級基準と比較すると、2005年、2010年いずれも基準を満たしている。PM₁₀とNO₂については、2005年、2010年とも国家2級基準を満たしている。

2001年～2011年までの大連市の年平均大気汚染濃度の推移を図3に示す。急速な工業化にも関わらず、いずれの項目も急激な悪化はみられない。濃度が抑制されている背景として、1990年代に北九州市との都市間環境協力や開発調査「大連市環境モデル地区整備計画」（「関連事業」参照）等が実施され、2000年代以降も、それらに基づいて、本事業や企業のクリーンプロダクション技術への投資等、様々な環境対策が実施されたことが考えられる。

単位：mg/m³



出所：大連市環境保護局提供データ（元データ：大連市環境状況公報）

図3 大連市の年平均大気汚染濃度（実績）

なお、本事業の大気質改善への貢献度に関して、京都大学大学院が実施した、JICA（当時 JBIC）受託研究「中国環境円借款貢献度評価に係る調査－中国環境改善への支援（大気・水）－」（2005年）は、2003年の大連市のSO₂総排出量（約27.1万トン）に占める本事業による削減量（約4,100トン）の割合見込みを1.5%と見積もっている。大連市では本事業実施前に他の事業で大幅にSO₂の排出量を削減してきたことが寄与度を低くしたのではないかと分析している。

3.3.1.2 市民の大気質改善に関する認識・評価

沙河口区30人、甘井子区70人に対して受益者調査（サンプル数計100、男73、女27）を実施した。右調査によると、73%が（大気質が）大幅に改善した、22%がやや改善した、2%が変化なし、2%が悪化した、1%が分からない、だった（図4）。

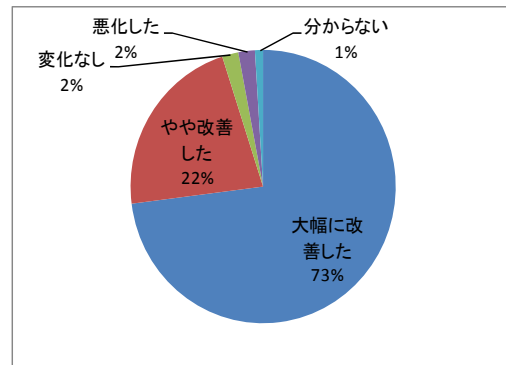


図4 大気質改善に関する市民の認識（N=100）

地域別にみると、大連製薬（当時）の旧工場周辺（沙河口区）の住民30人のうち、63%に相当する19人が、工場が移転した2000年に大気質が改善したと回答した。

また、大連製鉄（当時）の旧工場周辺（甘井子区）の住民40人のうち、95%に相当する計38人が2003年~2004年に大気質が改善し、窓を開けることができるようになった、外に洗濯物を干せるようになったと回答した。この背景には、有効性で述べたとおり、2003年~2004年に旧工場に集塵設備2セットが設置され、TSPも2000年の約3,600トン/年から約572トン/年（2003年）、約318トン/年（2004年）に減少したことによると推測される。

大気質改善の理由としては、下記が挙げられた（複数回答可）。工場の郊外への移転（100%）、工場の汚染物質排出に対する規制（97%）、工場からの汚染物質の先進技術による抑制95%、自動車からの排ガス規制（85%）、工場による石炭の利用の減少（74%）、家庭における石炭の利用の減少（51%）。このことから、大連市の大気汚染抑制政策の柱である、工場の郊外への移転や汚染物質排出規制、先進技術による汚染物質の抑制などが市民によく理解されていることが確認された。

3.3.1.3 大気質改善による生活環境の改善

大気質改善の効果として選択肢の中から選んでもらったところ、結果は以下のとおりであった（複数回答可）。埃による衣類の汚れが減った（93%）、洗濯物を屋外に干すことができるようになった（93%）、目の痛みや咳が減った（93%）、埃よけのマスクやサングラスの使用頻度が減った（91%）。このほか自由に回答してもらったところ、工場の煙突からの黒煙が減った、オフィスの机の上の埃が減った、車の上の粉塵が減った、屋外に干した洗濯物につく粉塵が減った、以前と比べて青空が見られるようになった、という回答が見られた。

3.3.2. その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

中国環境監測総点の検収監測報告書、大連市環境監測中心の検測報告書、実施主体の質問票回答、現地視察の結果から、特に自然環境へのマイナスの影響は認められなかった。各サブプロジェクトの建設期間中の環境対策や事業完成後の環境モニタリング実施状況や結果は以下のとおりである。

大連製薬（当時）工場の環境保護対策：建設期間中の騒音対策としては、夜間工事の禁止、騒音を極小化した建設機械の使用、監督の強化、定期検査などが実施された²⁶。2003年の竣工後、大連市環境保護局の検収に合格し、2004年大連市の「環境保護先進企業」として認定された²⁷。大連市環境保護局が、毎年、廃水の水質及び廃ガスのモニタリングを行い、製薬工場も独自に定期的にモニタリングしている。廃水は工場内の処理施設で処理し、大連市管轄の下水管に排出される前に、「遼寧省沿海地区污水直接排入海域標準（DB21-59-89）の1級基準を満たしている²⁸。なお、CODの排出基準は審査時の基準より厳しくなっており、審査時の排出基準が100mg/L以下であったのに対し、事後評価時の基準は50mg/Lである²⁹。大連市環境監測中心の検測報告書によると、2007年のCOD排出濃度は31.8 mg/L、2008年は13.8 mg/L、2011年は30mg/Lであったことから、問題ないと言える。

塩島化学工業区熱電工場建設：実施主体によると、環境モニタリング結果は排出基準を満たしているとのことである³⁰。

大連セメント粉塵処理：建設期間中、環境保護管理要員の配置、騒音対策、夜間工事の禁止、砂の飛散防止のための水撒きなどの措置がとられた³¹。2009年の中国環境監測総点の検収観測報告書においては、問題は指摘されていない。事業完成以降、環境モニタリングは定期的実施されているが、データは得られなかった。

大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策：2005年の大連市環境監測中心の検測報告書によると、本事業対象集塵機のうち、旧工場の10号集塵機の粉塵排出濃度は、旧工業炉窯大気汚染物排出基準（GB9078-1996）2級の150 mg/m³以下（現行では100mg/m³以下）に対し、10.0 mg/m³（処理効率98.5%）、11号集塵機の濃度は13.5 mg/m³（処理効率98.2%）であった。新工場の4号集塵機（旧11号集塵機）の粉塵排出濃度は11.1 mg/m³であったとのことである³²。いずれの場合も基準をはるかに下回っており、問題ないと言える。

²⁶ 出所：大連美羅大薬場質問票回答。

²⁷ 出所：大連美羅大薬場借款状況報告書。

²⁸ 出所：Project Completion Report（PCR）、大連美羅大薬場借款状況報告書。

²⁹ 出所：JICA 審査時資料、大連美羅大薬場質問票回答。

³⁰ 出所：大連染料化工有限公司質問票回答。

³¹ 出所：大連水泥公司質問票回答。

³² 出所：東北特殊鋼鉄公司質問票回答。

春海熱電工場の工事中の対策や環境モニタリングに関するデータは得られなかった。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

各サブプロジェクトの住民移転及び用地取得の計画と実績を表 8 に示す。各実施主体への質問票及び聞き取り調査によると、用地取得は問題なく実施されたとのことである。5 件中 3 件については、住民移転はない。塩島熱電工場については、実施主体によると、移転の補償内容に関して特に問題なしとのことであったが、補償を受け取った旧職員寮に住んでいた職員への確認はできなかった。春海熱電工場の移転世帯についても直接確認は出来なかった。

表 8 用地取得及び住民移転（計画と実績）

サブプロジェクト	用地取得		住民移転	
	計画	実績	計画	実績
大連製菓（当時） 環境保護対策	約 7.6ha を移転用地として取得済。	七賢岭地区の工場については、同左。 営城子工業区の新工場は 15.5ha。	なし	旧工場、新工場いずれもなし。
塩島化学工業区 熱電工場建設	約 2.7ha の用地を建設用地として取得済。	同左。	なし	65 人。職員寮を取り壊したため、職員に対して補償を支払った。
春海熱電工場 増設	約 3.2ha の用地を建設用地として取得済。	同左。	243 世帯（1999 年 9 月に終了）、工場 2 件（1999 年 12 月に終了）。	同左。
大連セメント 粉塵処理	なし	新工場に移転のため 37.2ha を取得。	なし	海を埋め立てたため、なし。
大連鋼鉄（当時） 電炉汚染対策	なし	新工場に移転のため 300ha を取得。	なし	塩浜を埋め立てたため、なし。

出所：各実施主体の質問票回答。

以上、大気汚染物質排出量の削減に関して、実績確認ができた 4 件のサブプロジェクトにおいて、概ね計画通りの効果の発現が見られた。中央政府が新しい環境政策を打ち出したことにより、塩島熱電工場が熱電供給を停止したが、小規模発電所の閉鎖は結果として大気汚染の改善に貢献しており、有効性においてマイナスに評価されるものではない。実施主体から直接確認できなかった 1 件については、大連市環境保護局から得られた情報の範囲では、環境基準を超えて汚染物質を排出している事実は認められなかった。また、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。よって、本事業の実施により概ね計画通りの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

3.4 効率性（レーティング：①）

3.4.1 アウトプット

アウトプットの計画と実績を表 9 に示す。5 件のサブプロジェクトのうち、1 件（大連セメント粉塵処理サブプロジェクト）に変更があったものの、残りの 4 件は、ほぼ計画通りだった。同サブプロジェクトでは、審査時計画していなかった工場の移転に

に伴い、アウトプットの追加・変更があったが、工場の移転は大連市の環境保護政策の一環であり、アウトプットの追加・変更も事業目的にかなうものであり、変更は妥当であったと判断される。計画変更後、アウトプットは修正案どおり実施された。

表9 アウトプット（計画/実績）

項目	計画	実績
大連製薬（当時）環境保護対策	工場移転に伴う生産ラインの設置（液体缶包装ライン、カプセル充填機、ブリスター包装機、製薬設備、電気設備、自動制御システム、空調システム、空圧・冷凍設備等）、廃水処理施設（580トン/日）の建設。	計画通り。廃水処理施設は、自己資金により実施。なお、高新科技園区の營城子工業区に再移転した際もほぼすべての機材を再設置。廃水処理施設も移転先に建設。
塩島化学工業区熱電工場建設	流動床ボイラー（75ton/h x 3基）、発電ユニット（12,000kw x 2基）、石炭輸送システム、電気システム、熱管理システム等の建設。	発電ユニットの性能が15,000kwに変更になった以外は計画通り。
春海熱電工場増設	流動床ボイラー（130ton/h x 2基）、発電ユニット（25,000kw x 1基）の建設	計画通り。ただし、自己資金で実施。理由は、完成時期を早めるため大連市政府が円借款分も自己資金で実施することを決定したため。
大連セメント粉塵処理	バッグフィルター、キルン用集塵機、余熱発電システム（発電機、ボイラー）、石炭ミル、セメントミル、空圧機、中央コントロールシステム等。	石灰石輸送システム（3.75km）の追加、空圧機から引風機への変更を除いては計画通り。ただし、セメントミル、石炭ミル及び中央コントロールシステムは自己資金で実施（2006年変更）。
大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策	40トン電気炉（EAF）1基及び40トン取鍋炉（LF）用1基用の集塵設備の据付、アルゴン酸素脱炭（AOD）精錬炉1基（年間生産量10万トン）及び集塵設備の据付、連続鑄造設備（年間生産量30万トン）の据付、以上外貨分。20トン電炉3基用の集塵設備の据付、10トン電炉3基及び15トン電炉3基の廃炉、以上自己資金分。	計画通り。ただし、移転の際に、40トンEAF/LF用集塵設備は廃棄となり、AOD精錬炉及び集塵設備、連続鑄造設備は直接新工場に据え付けた。20トン電炉3基は容量が小さく非効率なため、電炉自体廃棄したため、自己資金分で実施予定の集塵設備も取消。これを補足するため、自己資金で25トンAOD1基及び40トン電炉1基及び集塵設備を新工場に設置。

出所：計画についてはJICA審査時資料、変更後の計画、実績についてはPCR、質問票回答。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費は当初計画の14,684百万円（うち円借款は8,517百万円）に対し、実績は21,623百万円（うち円借款は5,389百万円）で、計画を上回った（計画比147%）。外貨分がゼロで、自己資金分が不明な春海サブプロジェクトを除いた総事業費計画額9,310百万円に比して232%であった。各サブプロジェクトの事業費の計画比は、製薬工場は124%、塩島熱電工場は121%、セメント工場は当初計画の658%、変更後の計画の140%、鋼鉄工場は109%であった。

製薬工場の事業費の増加理由は、当初の事業費は1996年のF/Sにおいて計算されたものであり、2003年の事業実施までに物価が上昇したことである。塩島熱電工場の事業費の増加理由は、概略設計の段階で地理的条件が複雑なことが判明し、基礎部分をF/Sで想定したよりも深く掘削する必要が生じ、土木工事費用が増加したためである。

セメント工場の事業費が当初計画より増加した理由は、審査時計画されていなかった移転により新工場の整地や建設、石灰石山の採掘権の購入、石灰石庫の建設、パッ

グフィルターの追加、太陽光エネルギーの設備の設置などが挙げられる。鋼鉄工場の事業費の増加理由は、2003年1月及び2004年9月の組織再編及び管轄機関の変更に係る手続きにより外貨分設備の調達手続きが約2年間中断し、中断期間に価格が上昇したことである。

なお、塩島熱電工場のサブプロジェクトでは、現在熱電供給を停止していることから、本事業で調達された設備が稼働していない。事業費3,741百万円に対して、設備が5年しか稼働しなかったことから、資金が十分に活用されたとは言い難い。同設備の活用方法については、現在、実施主体と大連市政府の間で協議が進められている。

3.4.2.2 事業期間

事業期間は、製薬工場は計画比488%、塩島熱電工場は計画比233%、春海熱電工場は計画比63%、セメント工場は計画比390%（変更後の計画比105%）、鋼鉄工場は計画比424%であった。事業期間の計画と実績、遅延理由を表10に示す。

表10 事業期間（計画/実績）

項目	計画	実績
大連製薬（当時）環境保護対策（フェーズI）	2000年3月～2000年11月（9ヵ月）	2000年3月～2003年10月（44ヵ月、計画比488%）。遅延理由は、L/A発効（L/A調印から4ヵ月かかった）、中国輸出入銀行と大連市財政局間の転貸合意書および大連市財政局と大連医薬集団間の転貸合意書の調印（L/A発効から12ヵ月かかった）、外貨分の機材調達にかかる入札会社の選定、入札手続き、契約成立（転貸合意書の調印から12ヵ月）に想定以上に時間がかかったこと、2003年に重症急性呼吸器症候群（SARS）の流行により約6ヵ月工事が中断したことである。なお、自己資金分による新工場の建設及び設備の据付は、計画通り完成した。
塩島化学工業区熱電工場建設（フェーズI）	2000年3月～2002年2月（24ヵ月）	2000年3月～2004年10月（56ヵ月、計画比233%）。遅延理由は、上記と同様、L/A発効、転貸合意書の調印に想定以上に時間がかかったこと（約16ヵ月）、2003年にSARSにより約6ヵ月工事が中断したことである。
春海熱電工場増設（フェーズI）	2000年3月～2001年6月（16ヵ月）	2000年3月～2000年12月（10ヵ月、計画比63%）。大連市政府の意向により自己資金のみで実施され、事業完成が計画より早まった。
大連セメント粉塵処理（フェーズII）	2001年3月～2002年12月（22ヵ月）。ただし、2006年の変更計画において、事業完了が2008年1月（計82ヵ月）に変更。	2001年3月～2008年4月（86ヵ月、当初の計画比390%、変更計画の計画比105%）。遅延理由は、セメント工場の金州新区（市街区から46キロ地点）への移転に伴う手続き・移転工事、計画の変更等に時間を要したことである。移転理由は、①甘井子区の旧工場周辺の人口が審査時の予測より増加したこと、②旧工場に隣接する空港が拡張したこと、③妥当性で述べたとおり、大連市政府が、「大連市第11次環境保護計画」に沿って、環境保護政策の一環として工場の郊外移転を決定したこと、である。
大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策（フェーズII）	2001年3月～2003年3月（25ヵ月）	2001年3月～2009年12月（106ヵ月、計画比424%）。遅延理由は、①実施主体の組織再編に伴う管轄機関の変更により調達手続きの遅延 ³³ （33ヵ月）、②セメント工場と同様、大連市政府の工場移転計画に伴う移転手続き・移転工事（24ヵ月）及び新工場における再据付工事（12ヵ月）である。

出所：計画はJICA審査時資料、実績はPCR、各実施主体質問票回答、JICA内部資料。

³³ 2003年1月及び2004年9月の大連鋼鉄から東北特殊鋼鉄への再編により、大連市から遼寧省政府に対して資産の譲渡等の手続きを要した。本事業に関しても再転貸契約の見直しが必要となった。2005年1月、調達手続きが再開したが、中断期間における物価上昇により、一部のパッケージで契約手続きが難航し、締結が2005年9月まで遅延したため、計33ヶ月事業が中断した。

表 10 のとおり、フェーズ I 事業の共通の遅延理由は、L/A 発効や転貸合意書の調印に想定以上に時間がかかったこと、SARS の流行による工事の中断である。フェーズ II 事業の共通の遅延理由は、大連市政府が大気汚染改善対策の一環として工場の移転計画を決定したことにより、移転の準備や実施、それに伴うアウトプットの変更、据付済み設備の新工場への再据付などに時間がかかったことである。

3.4.3 内部収益率の分析結果（参考数値）

審査時点において、財務的内部収益率（FIRR）、経済的内部収益率（EIRR）いずれも算定されておらず、費用や便益、プロジェクトライフなどの条件が不明のため、事後評価時においても算定しない。

以上より、本事業は、事業費が計画を上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。ただし、事業期間の遅延の理由は、転貸合意書の調印の遅延や SARS の流行に伴う作業員の移動禁止による工事の中断、実施段階での政府の決定に伴う工場の移転等であり、各サブプロジェクトの実施主体レベルでは対応可能な範囲を超えていたことが指摘される。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

現在稼働している 3 工場の運営維持体制に問題はなく、現時点で体制変更の予定もない。3 工場の運営・維持管理体制の詳細を表 11 に示す。

表 11 運営・維持管理体制

サブプロジェクト	実施主体	運営・維持体制
大連製薬（当時）環境保護対策	（当時）大連医薬集団大連製薬場 →（現在）大連美羅大薬場	2000 年 1 月、「大連医薬集団大連製薬場」が「大連美羅大薬場 (Dalian Merro Pharmaceutical Factory)」に変更。職員数はマネージャー48 人、技術者 88 人、オペレーター365 人、補助およびその他 142 人、計 643 人。同会社は 2005 年にオーストラリアの製剤管理局 (Therapeutic Goods Administration :TGA) による認証を受け、オーストラリア向けの加工が可能となった。また、2010 年 3 月に營城子工業区に新工場が竣工し、同年 5 月、中国で初めてとなる国家食品薬品監督管理局の薬品製造規範 (Good Manufacturing Practice: GMP) の認証を受け、操業を開始した (出所：PCR、大連美羅大薬場報告書)。
大連セメント粉塵処理	大連水泥集团公司	1970 年代から環境保護対策を積極的にとってきた。410 人の職員のうち、維持管理職員は 72 人 (出所：聞き取り調査)。
大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策	（当時）大連鋼鉄集团公司 →（現在）東北特殊鋼鉄公司	2003 年 1 月、大連鋼鉄集团公司が撫順特殊鋼と合併の上、「遼寧特殊鋼鉄集団」を設立。さらに、2004 年 9 月、「北満特殊鋼集団」と合併の上、「東北特殊鋼鉄公司」となった。これにより、中国最大、世界第 5 位の国有特殊鋼メーカーとなった。職員は約 2 万 1 千人。運営維持管理はすべて公司により実施され、外部委託はしていない (出所：JICA 内部資料、聞き取り調査)

3.5.2 運営・維持管理の技術

各実施機関において、必要な数/レベルの技術者が配置され、技術指導も適切に行われていると言える。また、マニュアルも整備されている。詳細は以下のとおり。

表 12 運営・維持管理の技術

サブプロジェクト	運営・維持管理の技術
大連製薬（当時） 環境保護対策	特に国際競争入札により購入した機材に関しては、先進的な輸入機材であったことから、職員の操作技術が十分でなかった。このため、国内研修7回（のべ27人）、海外研修3回（のべ10人）を行った。このほか、包括的・系統的に定期研修を実施するため、各部門と工場全体の年間研修計画を毎年作成し、職能別研修、品質管理研修、管理研修等を実施し、試験も厳格に実施している。研修は工場全体で毎年約40回行っており、のべ2,000人以上が参加している。また、大卒以上の技術者を積極的に雇用し、643名のうち、大卒が169人、修士修了者が4人、博士課程修了者が2人である。さらに、機械化が進んだため、設備操作、維持管理などに関するマニュアルも整備した。これらの対策により、当初直面した技術的課題は解決されている。（出所：PCR）
大連セメント 粉塵処理	同会社の安全・環境保護課の5名の職員が環境保護面に関して責任を負っている。1名は、山東大学の環境保護学専攻の卒業生である。職員は集塵機等機材引渡時に操作・維持管理に関するガイダンスを受けた。技術者は毎年社内研修で安全・環境保護に関して指導を受けている。（出所：聞き取り調査）
大連鋼鉄（当時） 電炉汚染対策	職位別操作、設備管理、規程規則などに関して研修が実施されている。維持管理マニュアルも通常運行時や設備故障時のほか、研修にも活用されている。（出所：聞き取り調査）

3.5.3 運営・維持管理の財務

財務諸表及び実施主体への聞き取り調査によると、いずれの実施機関も財務状況に問題ないと言える。各実施主体の詳細は以下のとおり。

【大連製薬（当時）環境保護対策（大連美羅大薬場）】

下表の通り3年間黒字を保っており、2012年3月現在の株価は約6.8元である³⁴。事業実施前は石炭や重油代が生産コストを押し上げて赤字であったのに対し³⁵、有効性で述べたとおり、本事業完成後は、エネルギー消費が標準石炭換算で1997年の約17%に縮小し、生産コストも削減したため、黒字を計上している。なお、工場移転のため、2009年と2010年は工場が稼働していなかったため、一時的に総収入が落ち込んだ。しかし、2011年以降新工場が稼働していることから、総収入も増加する見込みである。

³⁴ 出所：大連美羅大薬場への聞き取り調査。

³⁵ 出所：大連美羅大薬場借款状況報告書。

表 13 大連美羅大薬場の財務状況

単位：百万元

項目	2008年	2009年	2010年
総収入	123.36	108.69	70.56
運営経費	67.52	53.49	19.9
行政管理及び一般費用	26.88	32.12	31.22
営業利益	29.39	18.27	2.51
総資産	415.56	396.93	648.16
流動資産	97.5	89.36	79.51
固定資産	325.08	67.31	281.92
流動負債	414.06	395.73	643.89
総負債	415.56	396.93	648.16

出所：大連美羅大薬場質問票回答

【大連セメント粉塵処理（大連水泥集团公司）】

大連水泥集团公司は、持株会社が中国長城資産管理公司に変更となったが、引き続き国有企業として運営している³⁶。2008 年前半は工場の移転により操業できなかったため、同年のセメント生産量は計画の 42%に留まり、下表のとおり営業利益も落ち込んだ。しかし、2009 年以降はフル稼働し、総収入、営業利益が共に伸び、黒字を計上している。

表 14 大連水泥集团公司の財務状況

単位：百万元

項目	2008年	2009年	2010年
総収入	364	551	653
運営経費	292	457	582
行政管理及び一般費用	52	74	92
営業利益	1	15	16
総資産	1,250	1,404	1,572
流動資産	548	278	324
固定資産	679	1,106	948
流動負債	828	710	744
自己資本	401	448	477
総負債	849	955	1,094

出所：大連水泥集团公司質問票回答

【大連鋼鉄（当時）電炉汚染対策（東北特殊鋼鉄）】

大連鋼鉄は東北特殊鋼鉄に合併したことにより、中国最大、世界第 5 位の国有特殊鋼メーカーとなり、経営基盤がより強固になった。東北特殊鋼鉄の資本金は約 36 億 4,417 万元（約 473 億円）である³⁷。出資の割合は、大連鋼鉄が約 36%、遼寧省政府が約 28%、撫順特殊鋼が約 22%、黒龍江省政府が約 14%である³⁸。下記のとおり、過去 3 年間の経営状況も安定している。

³⁶ 出所：JICA 内部資料。

³⁷ 出所：東北特殊鋼鉄への聞き取り調査。

³⁸ 出所：東北特殊鋼鉄への聞き取り調査。

表 15 東北特殊鋼鉄の財務状況

単位：百万元

項目	2008年	2009年	2010年
総収入	13,307.20	10,553.50	12,496.22
運営経費	11,923.50	9,717.80	10,986.60
行政管理及び一般費用	675.6	679.6	727.1
営業利益	126.73	317.8	124.59
総資産	22,533.27	25,880.60	35,909.67
流動資産	8,527.24	8,429.30	12,743.95
固定資産	10,717.56	13,921.40	19,861.35
流動負債	11,238.67	13,042.20	20,976.91
自己資本	6,371.33	5,634.80	4,543.32
総負債	16,161.94	20,245.80	31,366.35

出所：東北特殊鋼鉄質問票回答

3.5.4 運営・維持管理の状況

各設備・機材の維持管理状況、維持管理計画、運転記録などを確認したところ、問題は認められなかった。鋼鉄工場の移転先や製薬工場の再移転先に据え付け直した機材も問題なく稼働していた。また、聞き取り調査によると、いずれの工場においても、ドイツやアメリカ、日本等から輸入した機材のスペアパーツも容易に入手可能であるとのことだった。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、大連、重慶、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想」の一環として実施された。大連市は、主なエネルギー源を石炭に依存しており、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施は喫緊の課題であった。二酸化硫黄（Sulfur Dioxide、SO₂）や総浮遊粒子物質（Total Suspended Particular、TSP）等の大気汚染物質排出量の削減に関して、実績確認ができた 4 件のサブプロジェクトにおいて概ね計画通りの効果の発現が見られた。実施主体と直接実績確認できなかった 1 件についても、入手できた情報の範囲では環境基準を超えて汚染物質を排出している事実は認められなかった。また、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。よって、本事業の有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費が計画を上回り、事業期間も計画を大幅に上回ったため、低い。一方、各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、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、本事業の評価は高いといえる。

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

4.3.1 評価に必要なデータ収集にかかる教訓

本事業では、サブプロジェクトの 1 つが 100%自己資金で実施され、かつ完成後 10 年以上経過していたため、設備の稼働状況や大気汚染物質の排出量削減の実績について確認出来ず、当該サブプロジェクトの有効性を評価できなかった。複数のサブプロジェクトで構成される事業においては、全体を適切に評価するうえで各サブプロジェクトの実績データが重要となるため、今後、同様のケースにおいては、相手国実施機関と合意の上、100%自己資金実施分についても実績データを収集しておくことが望ましい。

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
① アウトプット 1) 大連製薬工場の環境保護対策 2) 塩島化学工業区熱電工場建設 3) 春海熱電工場増設 4) 大連セメント粉塵処理 5) 大連鋼鉄電炉汚染対策	工場移転に伴う生産ラインの設置、廃水処理施設の建設。 流動床ボイラー、発電ユニット、石炭輸送システム、電気システム等の建設。 流動床ボイラー、発電ユニットの建設。 バッグフィルター、キルン用集塵機、余熱発電システム、石炭ミル、セメントミル、空圧機等。 40トン電気炉1基及び40トン取鍋炉1基用の集塵設備の据付、アルゴン酸素脱炭精錬炉1基及び集塵設備の据付、連続鑄造設備の据付、以上外貨分。20トン電炉3基用の集塵設備の据付、10トン電炉3基及び15トン電炉3基の廃炉、以上内貨分。	計画通り。 発電ユニットの性能が15,000kwに変更になった以外は計画通り。 計画通り。 石灰石輸送システム（3.75km）の追加、空圧機から引風機への変更を除いては計画通り。 計画通り。
② 期間	(I) 2000年3月～2002年2月 (24ヵ月) (II) 2001年3月～2003年3月 (25ヵ月)	(I) 2000年3月～2004年10月 (56ヵ月) (II) 2001年3月～2009年12月 (106ヵ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	(I) 5,315百万円 4,860百万円 (32,402万元) 10,175百万円 5,315百万円 1元＝15円 (1999年10月現在) (II) 3,202百万円 1,307百万円 (10,053万元) 4,509百万円 3,202百万円 1元＝13円 (時期不明)	(I) 2,273百万円 3,584百万円 (25,715万元) 5,857百万円 2,273百万円 1元＝13.94円 (2000年3月～2006年5月平均) (II) 3,116百万円 12,652百万円 (88,788万元) 15,766百万円 3,116百万円 1元＝14.25円 (2001年3月～2010年7月平均)