

0. 要旨

本事業は、深刻化する瀋陽市の大気環境改善を目指して実施された。最終的に選定されたサブプロジェクトはいずれもニーズに即した適切な内容であったが、最終的な事業構成が固まるまで、キャンセルや差替え等が度々生じた。このことは事業期間の遅延にも影響しており、サブプロジェクトの計画、選定過程については改善の余地があったと思われる。事業実施による大気汚染物質の削減効果は顕著で、いずれも期待された効果を挙げている。近隣住民からは、大気環境の改善を認める意見が聞かれており、実際に瀋陽市内の大気汚染濃度にも改善が見られていることから、本事業を通じた大気環境改善への貢献が認められる。導入された設備は現在も有効に活用されており、体制・技術・財務面の持続性にも問題はないと考えられる。

以上より、本プロジェクトの評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



導入された熱供給／発電タービン

1.1 事業の背景

中国では 1978 年に改革・開放路線に転換して以来、順調な経済発展を続けているが、その一方、エネルギー源として石炭への依存度が高く、石炭燃焼による大気汚染が深刻化していた。中国東北部に位置する遼寧省の省都瀋陽市も例外ではなく、中国東北地区の主要工業都市として発展を続ける一方、古くからの工業地域まで都市化が進展し、周辺の都市環境に悪影響を及ぼすようになっていた。加えて冬季には各世帯の暖房用石炭消費が増加するが、暖房用に利用されていた小規模ボイラーの燃焼効率が悪い。このため、瀋陽市の大気環境

は、二酸化硫黄（SO₂）¹の冬季日平均最大値が国家基準の 2.7 倍に達するなど深刻化していた。

1.2 事業概要

遼寧省瀋陽市内において、大気汚染の汚染源となる工場の低公害タイプへの変更や郊外への移転と、集中熱供給事業を整備し、もって瀋陽市内の大気汚染の改善を図る

本事業は瀋陽市の大気汚染源の工場の改良等、複数のサブプロジェクトで構成されており、1996 年開始の 1 期、2001 年開始の 2 期に分けて実施された。加えて、事業実施過程においてサブプロジェクトの差替え、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。

表 1 事業の概要

| 1 期事業 | | |
|----------------|--------------------|--|
| 当初の事業計画 | 実際の事業構成 | 事業概要 |
| 1-1.冶煉廠銅製錬工程改善 | 中止 | 瀋陽冶煉廠の銅製錬工程及び硫酸製造設備を既存工場敷地内で新設移転し、SO ₂ の排出量を削減する。 |
| 1-2.瀋陽市熱供給事業 | 計画通り | 既存熱電プラントの拡張工事を行い、工場向けに熱供給を行うことで、各工場の小規模ボイラーを削減する。 |
| 2 期事業 | | |
| 当初の事業計画 | 実際の事業構成 | 事業概要 |
| 2-1.合金公司環境処理 | 計画通り | 瀋陽合金公司の工場を郊外に移転し、同時にクリーナープロダクションへの転換を行う。 |
| 2-2.太原街集中熱供給 | 計画通り | 非効率な中小規模の石炭ボイラーを廃止し、排ガス対策を講じた大型ボイラーによる熱供給工場を建設する。 |
| 当初計画なし | 追加 太原街集中熱供給拡張工事 | 熱供給需要の高まりに対応するため、上記 2-2.太原街集中熱供給の熱供給工場を拡張するもの。 |
| 2-3.金山熱電拡張 | 中止 | 排ガス対策を講じた大型ボイラーによる熱供給工場を建設し、集中熱供給面積を拡大する。 |
| 2-4.当初計画なし | 追加 (瀋陽市) 于洪新城集中熱供給 | 瀋陽市の仙女河污水处理場の処理水を利用し、于洪新城向けの集中熱供給施設及び管網を建設する。 |

¹ 二酸化硫黄（Sulfur Dioxide, 化学式 SO₂）は、石炭の燃焼や自動車の排気ガス等から排出される硫黄酸化物の一種で、呼吸器系疾患の原因となる。



図 1 太原街集中熱供給 ボイラー



図 2 于洪新城熱供給事業 管網

| | |
|--------------------------------------|--|
| 円借款承諾額／実行額 | (1) (2) 期合計 11,196 百万円／7,781 百万円 (1) 期事業 5,000 百万円 / 1,637 百万円 (2) 期事業 6,196 百万円 / 6,142 百万円 |
| 交換公文締結／借款契約調印 | (1) 期事業 1996 年 12 月 / 1996 年 12 月 (2) 期事業 2001 年 3 月 / 2001 年 3 月 |
| 借款契約条件 | 金利 2.1%、返済 30 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイト |
| 借入人／実施機関 | (1) 期事業 中華人民共和国政府／瀋陽市人民政府 (2) 期事業 中華人民共和国政府／瀋陽市人民政府 |
| 貸付完了 | (1) 期事業 2004 年 1 月 (2) 期事業 2012 年 1 月 |
| 本体契約（契約金額 10 億円以上） | なし |
| コンサルタント契約 | なし |
| 関連調査（フィージビリティ・スタディ： F/S）等（if any） | なし |
| 関連事業（if any） | なし |

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

百田 顕児（アイ・シー・ネット株式会社）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2012年8月～2013年10月

現地調査：2013年4月7日～4月18日 2013年8月19日～23日

2.3 評価の制約

特になし

3. 評価結果（レーティング：A²）

3.1 妥当性（レーティング：③³）

3.1.1 開発政策との整合性

1) 事業計画時の開発政策

中国では急速な経済成長と工業化の進展により、環境汚染が深刻化していた。このため中国政府は、「第9次5カ年計画（1996-2000）」の中で、2000年に主要な汚染物質の排出総量を95年レベルに抑制するという、総量規制目標を掲げていた。中国政府により「二酸化硫黄汚染規制区」に指定された瀋陽市では、大気汚染対策として、工場のプロセス改造や熱供給事業の集中化等の政策を進め、大気汚染の改善を図っていた。

2) 事後評価時点の開発政策

中国政府は、事業実施以降の第11次、12次5か年計画（2011-15年）において引き続き主要汚染物質の排出量の削減を目指しており、具体的な目標として、GDP原単位あたりのCO₂排出量の17%削減などが掲げられている。この一連の政策において、遼寧省は環境重点省として指定されており、「藍天工程・碧水工程・青山工程」のスローガンの下、大気・水質汚染の改善、生態系開発を進めている。瀋陽市は遼寧省の省都として発展を続けており、市内にも経済開発区を有するなど、都市開発が進む中で、このような環境対策の重点実施地域として位置づけられている。これらを具体化する政策の瀋陽市環境保護第12次5か年計画では、2010年比でSO₂、NO_x⁴をそれぞれ10.7、13.7%削減する目標に加え、新規の石炭ボイラー向けの脱硫

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁴ 窒素酸化物（Nitrogen oxide、化学式NO_x）。大気汚染原因物質であり、SO₂同様、呼吸器系疾患の要因となる。

装置の設置義務付けや石炭燃焼設備の総合脱硝効率の向上などの数値目標を掲げている。また集中熱供給の拡大による熱供給範囲や供給率の向上も引き続き掲げられている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

1) 事業計画時の開発ニーズ

瀋陽市は中国東北地区の主要工業都市として繁栄していた。都市化の進展に伴い、古くからの工業地域が市内中心部に含まれることになり、周辺の大気環境に影響を及ぼすようになっていた。加えて、冬季には各家庭の暖房用の石炭消費が増加し、小規模・非効率なボイラーの利用により大気への悪影響が深刻化していた。

2) 事後評価時の開発ニーズ

瀋陽市は事業実施以降も経済発展をつづけ、都市化の進展や自動車数の増加等、大気汚染源の増加が続いている。瀋陽市環境保護局によれば、エネルギー源の多様化を進めてはいるものの、依然として瀋陽市における暖房用熱供給のエネルギー源は石炭であり、汚染源の増加が続く中で、大気汚染の悪化を抑制する上で、効率的な熱供給のニーズは引き続き高い。

3) サブプロジェクトの変遷とその妥当性

(1) - (2) 期事業共に、当初予定されたサブプロジェクトの一部がキャンセルされ、別のサブプロジェクトに差し替えられた。キャンセル、差替えの経緯はそれぞれ以下の通り。

(1) 期 1-1 冶煉廠改善 中止

対象となる瀋陽冶金工場倒産のため、未着工のまま中止となった。瀋陽市政府からは、中止に伴う余剰金を使い、別のサブプロジェクトへの差し替えの要請が出されたが、JICA では差し替えに同意せず、(1) 期事業はサブプロジェクト 1 件での実施となった。

中止された 1-1 冶煉廠改善は、戦前に整備された旧式の工場で、大規模な汚染源として知られており、対応の必要性自体は高かったと言える。ただし、事業実施過程における中国政府の環境基準の厳格化方針により、この工場も操業停止・閉鎖されることとなった。この間、事業の再転貸契約の遅れなどにより、結果として事業の物理的な進捗が遅れていたことが幸いし、事業実施前の中止、差替えが可能となった。

(2) 期 2-3 金山熱電拡張 中止

当初予定の熱供給区域（蘇家屯新区）において、主要な需要家として想定されて

いた自動車生産工場や卸売市場の建設が取りやめになり、建設が中止となった。この中止により、借款資金 40.68 億円が未使用となった。瀋陽市環境保護局に確認したところ、この未使用資金の活用法については、まず 3 つのサブプロジェクトへの追加が計画された。

1-2 瀋陽熱供給事業（第 4 期事業／20.38 億円）

2-1 合金公司環境処理事業（2.9 億円）

2-2 太原街集中熱供給（17.7 億円）

このうち 1-2 瀋陽熱供給（第 4 期事業）については資金供与に至らず、残り 2 件がまず実施された。これは当時の政府方針により、5MW 以下の小規模発電場建設が禁止されたこと、当時政府が保有していた株式の民間投資会社への売却が進み、株主構成が変更したことによる方針の変更などが要因となった。この 1-2 瀋陽熱供給事業（第 4 期事業）の代替サブプロジェクトについてさらに検討が進められ、最終的に 2008 年、2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給事業が追加されることになった。

このようなサブプロジェクトのキャンセル・度重なる変更は、貸付期限の 2 度の延期など、特に効率性の面に影響を及ぼしており、プロジェクトの実施上望ましくない影響を及ぼしていたことは事実と言える。サブプロジェクト選定のプロセスにおいて、このような影響を抑えるための選定のあり方については、改善の余地があったものと思われる。一般に事業の妥当性を検討する際は、まずニーズとの整合性が非常に重要であり、本事業もその点は変わらない。一方で、当時の中国の環境政策の改革スピードや規制の厳格化方針等の動向を踏まえたプロジェクトの持続性の検討が、通常の事業よりも慎重に行われることが望ましかったと考えられる。ただしこれらの変更については、当時の政策環境での予見可能性については正確に把握することが困難であり、サブプロジェクトの中止という判断にやむを得ない面があること、環境改善事業全体のニーズの高さや整合性、変更されたサブプロジェクトのニーズなどを考慮し、本事業の妥当性そのものを否定するものではない。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

「環境」は、当時の海外経済協力業務実施方針における対中円借款の重点 3 分野として位置づけられていた。国別業務実施方針でも、中国の環境問題は地球規模的問題と位置づけられ、大気汚染対策等を通じた支援を重点的に実施する方針とされていた。

以上より、本事業の実施は中国の環境改善分野の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 有効性⁵（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業の目標は、瀋陽市内の大気汚染物質（SO₂/TSP（煤塵））の削減にあるが、瀋陽市の大気汚染濃度については、外部環境の影響が大きいため、まず“大気汚染対策により、対象工場・設備が排出する大気汚染物質が削減される”ことを本事業の直接的な効果と位置付け、その先の長期的な目標、いわばインパクトレベルの指標として、瀋陽市全体の大気汚染濃度の推移を分析する。

まず以下の通り、サブプロジェクトの運用状況について分析する。

(1) 熱供給事業

熱供給事業の運用状況を測る指標として、主に熱の供給量、供給範囲（面積）と供給世帯数等を確認した。なおサブプロジェクト 1-2、2-2 については、事業計画時の運用目標等のデータが確認できなかった。このため実施機関からの聞き取り等に基づき、現在の運営状況が設備能力等と比較して適切な水準にあるかを踏まえ、分析を行った。

1) サブプロジェクト 1-2.瀋陽市熱供給事業

表 2 瀋陽市熱供給事業の運用状況

| | 2011 | | 2012 | |
|--------------|------|------------|------|------------|
| | 工場向け | 住民向け 3 万世帯 | 工場向け | 住民向け 3 万世帯 |
| 熱供給量（Gcal/h） | | n.a | | 80.37 |
| 熱供給量（Gcal/年） | | n.a | | 704,053 |
| 熱供給面積（ha） | | 280 | | 280 |

出所：瀋陽熱電廠質問票回答。

本事業の供給対象はこれまで周辺の製薬工場等の大規模需要家向けが中心であったが、実際には当初想定された工場のうち 1 つが移転したため、住宅向け（約 200 万 m²相当）の供給事業も開始している。供給先に変更が生じているが、供給量、供給面積とも安定的に推移しており、運営状況は良好と評価できる。

⁵ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

2) サブプロジェクト 2-2.太原街集中熱供給

表 3 太原街集中熱供給の運用状況

| | 2011 | 2012 |
|---------------|---------|---------|
| 熱供給世帯数 | 61,857 | 65,875 |
| 熱供給量 (Gcal/h) | 360.2 | 361.2 |
| 熱供給量 (Gcal/年) | 843,969 | 843,969 |
| 熱供給面積 (ha) | 666.35 | 693 |

出所：瀋陽市第三熱力供暖公司。

熱供給量については、今後の住宅開発に伴い、今後2年でさらに100万㎡増加する見込みである。ただし現在の供給余力から、当面のニーズには十分対応できるとしている。現在の設備容量に対する実際の稼働率は約65%と適切な負荷水準にある。供給世帯数、供給面積とも順調に増加しており、運営状況は良好と評価できる。

3) サブプロジェクト 2-4.瀋陽市于洪新城集中熱供給

表 4 于洪新城集中熱供給の運用状況

| | 2011 | 2012 |
|---------------|---------|---------|
| 熱供給世帯 | 31,000 | 36,000 |
| 熱供給量 (Gcal/h) | 75.22 | 109.02 |
| 熱供給量 (Gcal/年) | 274,426 | 397,700 |
| 熱供給面積 (万㎡) | 287 | 410 |

出所：瀋陽国恵供熱有限公司。

当初計画の供給面積は510万㎡で、現在の達成率は約80%と良好に推移している。目標に達しなかった背景には、対象地域の于洪新城が新興の開発区で、住宅開発のスピードが当初見込みより鈍化したことが影響している。ただし、実施機関へのインタビュー調査では、今後住宅開発が順調に進む中で、当初計画の供給水準に確実に達することができるとの回答があった。本事業は完成がサブプロジェクトの中では最後発で、事業完成後まだ数年しか経過していないことから、実施機関の見解通り、今後、最終的な供給水準に達する可能性は高いと考えられる。

(2) 工場環境処理事業

このサブプロジェクトでは、事業内容が生産ライン製造工程全体の改善のため、直接的に事業の稼働状況を示す指標を設定することは困難であった。ただし、工場での生産実績は事業実施前から増加しており、稼働状況自体は良好と考えられる。

主要生産品はニッケル合金の棒材、線材等で、事業実施前の年間生産量の 300t から、現在は 540t に増加しており、順調に稼働している。



図 3 瀋陽合金公司工場外観



図 4 合金の製造工程

以上見てきたように、実施されたサブプロジェクトはいずれも現在まで順調に稼働しており、ほぼ当初計画された機能を果たしていると評価できる。次に、これらサブプロジェクトの実施が、本事業の目的である、大気汚染物質の削減にどのような効果をもたらしたかを分析する。

(3) 大気汚染物質の削減効果

1) 熱供給事業

ここでは、熱供給のサブプロジェクト 3 件（1-2.瀋陽市熱供給事業、2-2.太原街集中熱供給、2-4. 于洪新城集中熱供給）について、どの程度の大気汚染物質の削減効果があるかを検証する。集中熱供給事業は、従来利用されていた非効率的な小規模ボイラーを廃止し、より効率的な集中ボイラーを利用することで、より少ない石炭の使用量で、より多くの熱供給を行うことができる。石炭の使用量が減少することで、同様の熱供給を行うために排出される大気汚染物質の量が削減されるという考え方に立ち、効果を検証した。⁶

⁶ 現在の熱供給面積の供給に必要な石炭消費量を、事業前実施前の小規模ボイラーによる消費量と現在の供給方式のそれぞれで計算、差分を節約された石炭消費量とする。次に石炭消費量あたりの汚染物質の排出量を計算し、数値に基づき削減量を算出した。ただし、計算は推測値に基づくもので、実際の熱供給の状況によって数字は変動の可能性がある。また事業実施以降、低硫黄炭の利用等が進んだことを考えると、実際の排出量は更に削減されている可能性がある

表 5 本事業による大気汚染物質の削減効果

| | 事業実施前 | 現在 | 削減効果 | 削減率 |
|---------------------------|---------|---------|---------|-----|
| 3 事業合算 | | | | |
| 石炭消費量 (t/年) | 622,350 | 336,798 | 285,552 | 53% |
| SO ₂ 排出量 (t/年) | 8,464 | 4,580 | 3,884 | 53% |
| NO _x 排出量 (t/年) | 1,805 | 977 | 828 | 53% |
| 1-2. 瀋陽市熱供給事業 | | | | |
| 石炭消費量 (t/年) | 126,000 | 55,440 | 70,560 | 56% |
| SO ₂ 排出量 (t/年) | 1,713.6 | 759.98 | 959.6 | 56% |
| NO _x 排出量 (t/年) | 365.4 | 160.7 | 204.6 | 56% |
| 2-2. 太原街集中熱供給 | | | | |
| 石炭消費量 (t/年) | 311,850 | 173,250 | 138,600 | 44% |
| SO ₂ 排出量 (t/年) | 4,241.1 | 2,356.2 | 1,884.9 | 44% |
| NO _x 排出量 (t/年) | 904.3 | 502.4 | 401.9 | 44% |
| 2-4. 于洪新城集中熱供給 | | | | |
| 石炭消費量 (t/年) | 184,500 | 63,960 | 120,540 | 65% |
| SO ₂ 排出量 (t/年) | 2,509.2 | 1,470.2 | 1,038.9 | 65% |
| NO _x 排出量 (t/年) | 535 | 313.5 | 221.5 | 65% |

出所：瀋陽市環境保護局提供データをもとに、評価者作成。

計算の前提条件は以下の通り。

1. 熱供給事業における原炭の排出係数 SO₂=13.6kg/t、NO_x=2.9kg/t(瀋陽市環境保護局提供)。
2. 小規模ボイラーから集中熱供給への転換による 1 m³当たりの石炭の燃焼効率は 45kg→20-25kg に改善(瀋陽市環境保護局、サブプロジェクト実施機関提供データに基づく)。

上記表から、本事業の実施により、プロジェクトを実施しなかった場合と比較して、年間の汚染物質排出量は約 53%と、半減させていることになる。特に 2-4.于洪新城集中熱供給については、污水处理場の水温が高い処理水を利用したより効率的な熱供給が可能になっており、1 m³当たりの石炭消費量は事業実施前の 45kg(推定)から 15.6kg と、6 割以上の削減効果を上げている。この試算はあくまで概算値ではあるが、現在のサブプロジェクトの安定した運用状況等を考慮すると、本事業の実施によって発現しうる汚染物質の削減効果を概ね達成したものと評価できる。

2) 工場環境処理事業(サブプロジェクト 2-1 合金公司環境処理)

本事業については、工場の生産工程の一部の改良という事業の性質上、汚染物質の削減に関する定量的なデータを収集しておらず、確認することができなかった。代替として、実施機関へのインタビュー結果に基づき、定性的な効果の分析をもって評価を行う。以下は実施機関との協議で確認できた本事業の効果である。

- 工場を当時の瀋陽市中心部から郊外に移転したことで、周辺住民への大気・騒音等の影響を減少させることができた
- 製造工程の変更により、大気・騒音・汚水排出量の削減等を実現した。例としては、鍛造方式を分塊圧延方式にして、騒音公害を減らしたこと、従来の重油加熱方式を電気加熱方式に変更し、袋式粉塵除去設備を取り付けたこと、汚水処理工程の導入で、水質汚染を抑制することができたことなどが挙げられる。

実施機関によれば、設備はいずれも順調に稼働している。事業実施前より工場の生産規模が拡大する中では、これらの設備が導入されなかった場合、汚染物質の排出量も増加していたものと考えられる。以上から、本事業の実施により、これらの汚染物質排出量の削減が一定程度進んだものと推測できる。

3.2.2 定性的効果

本事業によって期待される効果の一つとして、大気環境改善による、住民の生活環境の改善という効果がある。この点については、瀋陽市全体の大気環境との関連性も高いため、次項のインパクトにて詳述する。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

本事業で想定される主なインパクトは、事業による大気汚染物質の削減を通じた“瀋陽市の大気汚染濃度の改善”とそれに伴う“住民の生活環境の改善”がある。これらを確認するため、瀋陽市の大気汚染濃度の推移を確認し、次に地域住民の実感として、瀋陽市の大気環境がどう変化しているかを、アンケート調査に基づき確認した。

(1) 瀋陽市の大気汚染濃度の推移

下表は、瀋陽市の大気汚染濃度について、事業計画時から現在までの推移と、国家基準とを比較したものである。

表 6 瀋陽市の大気汚染濃度の推移

| 指標名 | 事業実施前 | | 実施中 | | 事後評価時 | | 国家基準 (mg/Nm ³) | | 96 年比 |
|----------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|----------------------------|-----|-------|
| | 1996 | 1999 | 計画値 (2005 年) | 2005 | 2011 | 2012 | 基準値 | 達成度 | |
| SO ₂ | 0.18 | 0.072 | 0.056 | 0.118 | 0.041 | 0.042 | <0.06 | 達成 | 23% |
| NO _x | 0.075 | 0.065 | 0.065 | 0.054 | 0.031 | 0.03 | <0.05 | 達成 | 17% |
| TSP/PM ₁₀ | 0.422 | 0.304 | 0.275 | 0.037 | 0.082 | 0.074 | <0.10 | 達成 | 44% |

出所：2000-12 年遼寧省環境状況公報。

*TSPについては2002年以降、PM₁₀の計測に切り替えられたため、上記表中、2005年以降の実績値はPM₁₀を採用。現在のPM₁₀の国家基準値は0.1 mg/Nm³。

上記のとおり、主要汚染物質の排出状況は事業開始時と比較していずれも50%以下に減少している。第二期事業計画時の計画値も、事業がほぼ完成した2011-12年にはすべて達成している。また測定方法が計画時と異なる粒子状物質（TSP→PM₁₀）を含め国家基準（2級）を達成しており、本事業を含めた、2000年代の省政府による継続的な環境改善による効果が着実に表れているものと評価できる。瀋陽市環境保護局によれば、現在は、都市化や経済開発の進展に伴い、汚染源の増加が続いていることから、大気汚染物質の濃度はここ数年横ばいが続いているとのことであった。このため、引き続き35t以下の既存小規模ボイラーへの脱硫装置の追加、新規ボイラーへの脱硫装置の義務付け等を進めており、2007年以降、市内240基の35t規模の小規模ボイラーについて、140基の改良を実施した。環境保護局では今後これらの改良に加え、市全体の大気環境改善のため、さらに汚染源の立地分散化や、同一産業の集中化などの都市計画の実施、天然ガス利用の推進によるエネルギー源の多様化等の計画を進める意向である。



図 5 瀋陽熱電事業周辺の大气



図 6 太原街周辺の大气の状況

(2) 住民の大気環境に関する印象

次に住民向けのアンケート調査の結果を以下に要約する。

【調査概要】

- 1) サンプル数 50
- 2) 対象地域 瀋陽市鉄西区地域の一般住民。
- 3) 調査内容 事業実施前（1990年代）の大気汚染と関連疾患の発生状況と、その後の変化に関する評価。

【調査結果】

- 大気汚染の改善 回答者の82%が、90年代と比較して改善されたと評価している。スモッグの発生量についても、76%が減少を認めている。
- 呼吸器系疾患等の発生状況 回答者の64%が、自身または周囲において、眼痛や呼吸器の不調等が減少したと評価した。
- 熱供給サービスの状況 回答者の9割が現在のサービス状況（暖房機能等）について満足と回答している。

【所感】

- 受益者調査の結果はサンプル数も限られており、参考情報としての位置づけに限られる。それでも、大気環境のように、視覚的・体感的に感知しやすい事象について、左記のように多数の受益者が改善を評価していることは、大気環境の改善を示す情報として、一定の妥当性があると評価できる。
- また、熱供給事業のサービス品質についても満足度が高いことから、事業実施機関のサービス実施能力についても、問題がないものと考えられる。これは後述する持続性の分析においても有用な結果となる。

以上見てきたように、本事業を含む瀋陽市による大気環境改善の取り組みは、環境統計、利用者インタビュー等の情報から、一定程度の効果を挙げていることが確認できた。

3.3.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

本事業は円借款事業における環境社会配慮ガイドライン⁷において、環境への影響が重大ではない事業（B種）として分類されている。事業計画時に環境影響評価表は作成済みであり、各省の承認機関からの最終承認を得ている。

事業計画時に指摘されていた熱供給設備による騒音等の問題に対しては、周辺に住宅地がない郊外での設備設置や防音設備の導入等の措置が取られた。実施機関

⁷ 「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」（2002年4月制定）

係者への聞き取り調査では、この措置により、騒音に伴う問題はほぼ解消されたとのコメントが確認された。

(2) 住民移転・用地取得

本事業では、都市の熱供給事業の改良や、郊外への工場移転等を主なスコープとしており、用地取得が 17ha、住民移転が約 20 名発生した。いずれも取得、移転協議は事業計画時にほぼ終了しており、問題は生じていない。この用地取得・住民移転は、2-1.合金公司環境処理が瀋陽市政府の保有する新規開発区内への移転時に発生したものだが、補償等の手続きは、本事業開始前に、同開発区の整備において進められていた。

以上より、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：②）

3.4.1 アウトプット

本事業で実施されたアウトプットは下表の通りで、設備の数量や内容に一部変更が生じたものの、大きな変化は生じていない。

表 7 サブプロジェクトの主要アウトプットの計画・実績

| 計画 | 実績 |
|---|---|
| 1-1 冶煉廠銅製錬工程改善 | |
| 事業キャンセルのため割愛 | |
| 1-2 （瀋陽市）熱供給事業 | |
| 1) 循環流動床ボイラー 220t/h 2台 2) タービン 50MW、1台 3) 発電機 60MW、1台 4) その他関連設備 | 計画通り実施 |
| 2-1 合金公司環境処理 | |
| 工場移転に伴う以下生産ラインの導入。 1) 溶解工程 真空誘導炉 4台 2) 圧延工程 連続圧延機 3) 熱処理工程 光輝焼鈍炉 4台 | 一部変更有 1) 溶解工程 真空誘導炉 6台 (+2台) 2) 圧延工程 連続圧延機 計画通り 3) 熱処理工程 光輝焼鈍炉 6台 (+2台) |
| 2-2 太原街集中熱供給 | |
| 1) チェーン式ストーカーボイラー 58MWh*3基、36MW*1基 2) 熱供給導管建設 約30km | 計画通り実施 |
| *拡張工事分 | |
| 1) 70MWボイラー 3基 2) 熱供給配管 3) 熱交換ステーション設備 | |
| 2-3 金山熱電拡張 | |
| 事業キャンセルのため割愛 | |
| 2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給事業 | |
| 1. 集中熱供給施設 温水ボイラー (70MW*1) 蒸気ボイラー (75t/h*1、130/h*3) 水源ヒートポンプ (4MW*4,9MW*8) 2. 熱供給管網 約120km 3. 熱交換ヒートステーション 20台 | 一部変更有 1. 集中熱供給施設 温水ボイラー (70MW*1) 蒸気ボイラー (75t/h*1、温水ボイラー 64MW1台) 水源ヒートポンプ (8.4MW*1、17MW*3、 22.8MW*1) 2. 熱供給管網 約150km 3. 熱交換ヒートステーション 33台 |

上記変更は、妥当性の項で述べたサブプロジェクトのキャンセル、再編成時に追加設備の申請があり、実施されたものである。2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給事業については、ボイラーの構成、水源ヒートポンプの仕様変更等が生じた。これらの変更は熱供給の効率を高めるうえでより効果的なスコープを再検討する中で実施さ

れたものである。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業はサブプロジェクトのキャンセル・変更や追加が度々生じたため、当初計画時の事業費と実績とを直接比較することは困難である。ここでは、キャンセルされた事業を除いた、第二期のサブプロジェクト差替え終了後の（2008年）、最終的な事業構成の予定事業費と実績を比較する。この総事業費は25,177百万円で、実績は22,419百万円（89%）と計画を下回った。事業費減となった要因としては、技術改善により、当初輸入品を想定した熱供給設備の一部を国産品へ切り替えたこと、競争入札により価格抑制が可能となったことがあげられる。事業費の増加に直接影響する調達や工事過程では事業期間の遅延があまり生じなかったため、下記の通り事業期間は大幅に遅延したものの、事業費増加の要因にはならなかったと思われる。

3.4.2.2 事業期間

本事業の実施期間はそれぞれ以下の通りで、いずれも計画を上回った。

表 8 事業期間の計画と実績

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| 第1期事業 | |
| 計画 1996.10-2000.12（51カ月） | 実績 1996.10-2003.1（76カ月/計画比149%） |
| 第2期事業 | |
| 計画 2001.3-2004.6（40カ月） | 実績 2001.3-2012.12（142カ月/計画比355%） |

1期事業は1996年10月～2000年12月の51か月、2期事業は2001年3月～2004年6月の40か月で計画されていたが、実際の事業実施期間は、それぞれ、1996年10月～2003年1月の76か月（計画比149%）、2001年3月～2012年12月の142か月（計画比355%）と、計画を上回った。

1、2期事業ともに貸付実行期限の延長が生じており、特に2期については、妥当性の項で述べたサブプロジェクトの再選定等の影響で大幅な遅延が生じた。その他の遅延要因は以下の通りである。

表 9 事業期間遅延の要因

| 遅延期間 | | 理由 |
|-------|-------|--|
| 1 期事業 | 16 カ月 | 着工前手続きの遅延；国内資金の融資銀行の要請により、案件実施を担当する法人を新規に設立することとなった。この設立手続きと、それに伴う再転貸契約の手続き等による遅延。 |
| | 20 カ月 | 調達手続きの遅延；タービンのサプライヤーとの金額交渉に当初より時間がかかったため。 |
| 2 期事業 | 16 カ月 | L/A 署名から発効までの手続き遅延。1-2.瀋陽熱供給事業に対する国内資金分の融資銀行との転貸、再転貸契約に時間がかかったため。 |
| | 6 カ月 | 2003 年前半の SARS 流行による調達手続き遅延。 |
| | 27 カ月 | 原材料価格上昇による契約変更。 |
| | 9 カ月 | サブプロジェクト 2-1 合金会社の工場移転先の高圧送電線工事の遅延。 |
| | 18 カ月 | 2006 年 3 月の大雪による、移転先建屋の天井落下事故による補修工事など。 |

3.4.3 内部収益率（参考数値）

当初熱供給事業について、財務的内部収益率（FIRR）の計算を実施する予定であったが、前提条件となる維持管理費用等について、詳細情報の提供が得られなかったため、本評価では計算を実施しないこととする。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

本事業的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、これら事業にかかわる関係機関全体、すなわちサブプロジェクトそれぞれの状況と、事業を統括する瀋陽市人民政府を合わせ、総合的な評価を行った。なお持続性については、最終的に事業のサブプロジェクトとして実施されているものを対象とする。

3.5.1 運営・維持管理の体制

(1) 事業統括機関

事業の統括は瀋陽市環境保護局内に設置されたプロジェクトオフィス、「緑色弁公室」が担当した。事業の計画、実施にかかわった関係者が現在まで継続して事業監理に関わっている。環境保護局は環境モニタリングの責任部署でもあり、環境モニタリング対象の企業・工場については一定の監督権限を有している。このため事業完了後の現在も、監督機関として影響力を行使しうる環境にあり、現地調査期間中も比較的円滑な協力をサブプロジェクト関係者から得ることができた。市政府による権限・体制については問題ないものと評価できる。

(2) サブプロジェクト

サブプロジェクトについては、以下の通り組織形態等に変遷が生じている。

表 10 サブプロジェクト実施機関の現在の組織体制

| 事業名 | 計画時 | 現在（2013年） |
|------------------|------------------------------------|---|
| 1-2 瀋陽熱供給事業 | 名称 瀋陽熱電廠 瀋陽市人民政府直轄の国有企業。 | 計画時から変更有。民営化 現在の実施主体は1998年に設立された東電瀋陽熱電有限責任公司で、複数の投資会社が保有する民間会社が担当している。現在の職員数は248名、うち熱供給関連設備の運営には技術部門22名、計画部門6名が配置されている。 |
| 2-1 合金公司環境処理 | 名称 瀋陽合金株式有限公司 50%以上が政府株式の実質国有企業 | 計画時から変更有。民営化 企業名は瀋陽合金材料有限公司に変更。資本構成は、事業実施時の国営企業から、新疆德隆という投資グループを経て、現在は遼寧省機械集団有限公司を中心とする、民間企業に変更されている。職員数は240名。 |
| 2-2 太原街集中熱供給 | 瀋陽市第三熱力供暖公司（100%政府出資） | 変更有。民営化 2003年に組織改編があり、瀋陽市第三熱力供暖有限公司に改名、民営化された。現在は香港の富林環球有限公司を中心とする民間投資会社が保有している。熱供給設備の運営には、技術12、計画・事務系6名が配置されている。 |
| 2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給 | 瀋陽国恵供熱有限公司（100%民間資本） | 事業計画時から変更なし 現在の設備運営スタッフは、生産設備93名、パイプライン、熱供給ステーション全体に総計109名が配置されている。 |

出所：質問票回答を元に調査団作成。

サブプロジェクトの体制、人員配置状況等は概ね適切な規模、体制が整備されており、特段の問題は確認されなかった。全体の中で特に留意すべき点として、以下がある。

2-1 合金公司環境処理

左記の資本関係の変化は、効率性の項で述べたプロジェクト開始時期の遅延にも影響を及ぼしている。現在の主要株主による経営体制が成立してからは大きな変化はなく、一定の安定が確保されている。事業で導入された設備は生産ライン全体に関わるため、詳細な人員の内訳は不明。現在の運営上人員不足は生じていない。ただし新卒人員の採用は、労働条件の中国全体の向上もあり、難しくなっている。

2-2 太原街集中熱供給

運営上現在の人員規模には問題がなく、適切な人員が配置されている。後述する無人操作のコンピューターコントロール設備の導入や、配熱ポンプの効率化などにより、人員配置のスリム化が進んでいると評価できる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

現地調査を通じて、各施設を訪問し、実際の運用技術等の状況について確認を行った。サブプロジェクトごとの状況は以下の通りで、大きな問題は確認されなかった。

表 11 サブプロジェクト別の運営・維持管理技術レベルの分析

| 事業名 | 概要 |
|------------------|---|
| 1-2 瀋陽熱供給事業 | 問題なし 現在の供給設備は技術面で高度なものではなく、これまで安定的に運営することができており、問題は見られない。 |
| 2-1 合金公司環境処理 | 問題なし 現在の供給設備は技術面で高度なものではなく、これまで安定的に運営することができており、問題は見られない。 |
| 2-2 太原街集中熱供給 | 問題なし 設備運営上の技術資格や研修制度が整備されており、大きな問題は見られない。また無人操作のコンピューターコントロール設備の導入や、配熱ポンプの効率化などを通じて電力消費の抑制を進めており、一定のコスト削減に成功するなど、効率化に向けた取り組みを進めるなど、技術水準の向上が見られる。 |
| 2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給 | 問題なし 設備運営上の技術資格や研修制度が整備されており、大きな問題は見られない。元々新・省エネルギー開発を主体とした企業であり、技術開発にあたる人員の水準も他と比較して高いと思われる。現在は政府により「国家ハイテク技術企業」として認定されるなど、事業実施上必要な技術水準は十分に満たしている。 |

出所：質問票回答を元に調査団作成。

全体的な傾向として、

- 1) 本事業で導入された設備・技術の多くはすでに確立されたもので、特段の高度技術ではない
- 2) 設備視察時のインタビューや質問票での回答から、運営スタッフの資格や技術研修の制度が整備されており、実務上の運営能力も問題がないことが確認されており、総合的な技術能力については問題ないと評価できる。
- 3) なお、サブプロジェクト 2-2 や 2-4 で導入された技術や生産工程はいずれも生産コストの抑制に効果を挙げており、財務状況の改善にも寄与している。これらの

取り組みは他の熱供給事業でも取り入れる余地もあると考えられる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

2012年度の損益計算書によれば、サブプロジェクトの収支状況は以下の状況となっている。

表 12 サブプロジェクトの収支 (2012年)

(単位：1000 元)

| | 営業収入 | 営業費用 | 営業利益 | 純利益 |
|------------------|---------|---------|---------|--------|
| 1-2 熱供給事業 | 225,199 | 229,702 | -4,503 | -1,760 |
| 2-1 合金公司環境処理 | 161,496 | 176,960 | -15,464 | 2,363 |
| 2-2 太原街集中熱供給 | 255,694 | 267,182 | -11,487 | -6,032 |
| 2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給 | 110,978 | 84,823 | 26,173 | 23,287 |

出所：サブプロジェクト実施機関提供。

熱供給事業のうち、従来型の供給方式を採用する 1-2、2-2 については石炭価格の上昇の影響もあり、営業赤字または減益が生じている。⁸より供給効率が低い汚水処理水を利用した熱供給を採用した 2-4 については、本業で高い採算性を維持している。2-2 太原街熱供給事業については、技術の項で述べた通り、生産プロセスの効率化を進めており、これはコスト削減にも寄与している。今後はさらに蒸気タービンの余熱を利用した設備の導入等を目指している。次に以下に貸借対照表に基づく、主要経営指標を記す。

表 13 サブプロジェクト経営指標

| サブプロジェクト名 | 指標名 | 2010 | 2011 | 2012 |
|------------------|--------|-------|-------|-------|
| 1-2 熱供給事業 | 自己資本比率 | 33% | 28% | 35% |
| | 負債比率 | 308% | 357% | 283% |
| 2-1 合金公司環境処理 | 自己資本比率 | n.a | n.a | n.a |
| | 負債比率 | n.a | n.a | n.a |
| 2-2 太原街集中熱供給 | 自己資本比率 | 6.64% | 6.90% | 7.27% |
| | 負債比率 | 1507% | 1448% | 1375% |
| 2-4 瀋陽市于洪新城集中熱供給 | 自己資本比率 | 20.7% | 13.2% | 9.6% |
| | 負債比率 | 483% | 758% | 1045% |

出所：サブプロジェクト実施機関提供。

経営の健全性を示す自己資本比率、負債比率についてはサブプロジェクトによっ

⁸ 2-2.太原街集中熱供給事業の 2011 年度純利益は-13.8 万元と若干赤字だが、収支はほぼ均衡していた。2012 年度は原材料費を中心とする営業費用が前年比で 10%以上上昇しており、この影響で収支が悪化したものと考えられる。なお同様に営業費用が増加した 2010 年度には、政府補助金が約 218.5 万元投入されるなど、必要に応じて政府補助金が投入されている。

てばらつきが見られる。2-2. 太原街集中熱供給については負債比率が高くなっているが、ここ数年は漸減傾向にある。2-4. 瀋陽市于洪新城集中熱供給については、熱供給エリア拡大に伴う設備投資が増加しており、負債比率が上昇している。ただし本業の収益性は高く、今後供給面積の拡大等に伴い、経営状況は安定していくものと考えられる。その他サブプロジェクトについては、ここ数年、経営上大きな影響を及ぼすような極端な変動は生じていない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

運営維持管理の状況について、各サブプロジェクトの状況はほぼ共通しており、本格運転後まだ数年と日が浅いこともあるが、現状では設備の状態に問題は見られない。現地調査で視察した過去のメンテナンス記録からも、大きな故障が無いことが確認された。これまで見てきた体制・技術・財務が安定していることもあり、適切な維持管理体制を整備できているものと思われる。

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. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、深刻化する瀋陽市の大気環境改善を目指して実施された。最終的に選定されたサブプロジェクトはいずれもニーズに即した適切な内容であったが、最終的な事業構成が固まるまで、キャンセルや差替え等が度々生じた。このことは事業期間の遅延にも影響しており、サブプロジェクトの計画、選定過程については改善の余地があったと思われる。事業実施による大気汚染物質の削減効果は顕著で、いずれも期待された効果を挙げている。近隣住民からは、大気環境の改善を認める意見が聞かれており、実際に瀋陽市内の大気汚染濃度にも改善が見られていることから、本事業を通じた大気環境改善への貢献が認められる。導入された設備は現在も有効に活用されており、体制・技術・財務面の持続性にも問題はないと考えられる。

以上より、本プロジェクトの評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし

4.2.2 JICA への提言

なし

4.3 教訓

本事業は総じて高い効果を挙げていると評価できるが、数度のサブプロジェクトのキャンセル、再選定等の結果、事業実施期間が大幅に遅延することとなった。特に 1 期事業については、中央政府の政策変更による実施企業の倒産という事態が発生し、事業の一部キャンセルが発生した。事業の遅延もあり、結果として大きな損失は生じなかったが、タイミング次第では、投入が進んだ状態で事業が中止される事態も起こりえたことになる。この事業の選定については、事業そのものの対応必要性の高さに加え、政策変更の予見可能性等、当時の状況からみてやむを得ない面があったことは事実である。しかしながら、サブプロジェクトの選定、特に事業費の半分を占めるような大規模な事業については、事業の妥当性の観点のみならず、長期的な事業の持続性を踏まえてより慎重に検討する必要がある。特に中国のように国家政策による影響がより大きな環境下では、実施機関単体の実施能力の評価にとどまらず、関連政策の変更リスクなども考慮した事業の選定プロセスを検討すべきである。また、特に倒産リスクが比較的高い民間市場を基盤とする実施機関を対象とする場合は、事業のニーズだけではなく、これらの機関に対する政府の中長期的な関与の確認など、持続性についてもより詳細な分析を行う必要がある。

以上

主要計画／実績比較

| 項 目 | 計 画 | 実 績 |
|----------------------|---|---|
| ① アウトプット 1-2熱供給事業 | 循環流動床ボイラー2台 タービン1台 発電機1台 その他関連設備 | 計画通り |
| 2-1合金公司 | 溶解工程 真空誘導炉4台 圧延工程 連続圧延機 熱処理工程 焼鈍炉 4台 | 溶解工程 真空誘導炉 6台 (+2台) 圧延工程 連続圧延機計画通り 熱処理工程 焼鈍炉 6台 (+2台) |
| 2-2太原街熱供給 | チェーン式ストーカーボイラー 58MWh*3 基、 36MW*1 基 熱供給導管建設 約30km *拡張工事分 70MW ボイラー 3基 熱供給配管 熱交換ステーション設備 | 計画通り |
| 2-4于洪新城熱供給 | 集中熱供給施設 温水ボイラー (70MW*1) 蒸気ボイラー (75t/h*1、 130/h*3) 水源ヒートポンプ (4MW*4,9MW*8) 熱供給管網約 120km 熱交換ヒートステーション 20台 | 集中熱供給施設 温水ボイラー (70MW*1)、 蒸気ボイラー (75t/h*1、温 水ボイラー64MW1台) 水源ヒートポンプ (8.4MW*1、 17MW*3、 22.8MW*1) 熱供給管網約150km 熱交換ヒートステーション33台 |
| ② 期間 | (1) 期事業：1996年10月～ 2000年12月 (51カ月) (2) 期事業：2001年3月～2004 年6月 (58カ月) | (1) 期事業：1996年10月～ 2003年1月 (76カ月) (2) 期事業：2001年3月～2012 年12月 (142カ月) |
| ③事業費 | | |
| 外貨 | 11,196百万円 | 7,781百万円 |
| 内貨 | 13,981百万円 (989百万円) | 14,638百万円 (1,049百万円) |
| 合計 | 25,177百万円 | 22419百万円 |
| うち円借款分 | 11,196百万円 | 7,781百万円 |
| 換算レート | 1人民元 = 14.05円 ((1) 期) | 1人民元 = 14.26円 ((1) 期1996-2004年平均) |
| | 1人民元 = 13円 ((2) 期) | 1人民元 = 13.91円 ((2) 期2001-2012年平均) |

以 上