

中華人民共和国

2018 年度 外部事後評価報告書

円借款「甘肅省蘭州市大気環境改善事業」

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 スズキ S. ヒロミ

0. 要旨

本事業は中華人民共和国の甘肅省蘭州市において、集塵装置、脱硫装置等が不備である小型石炭ボイラーを撤去し、集中型熱供給施設を整備することにより、汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和を図り、もって同市の生活環境の改善に寄与することを目的として実施された。本事業は、審査時及び事後評価時の中国、甘肅省蘭州市の開発計画、及び環境保護計画、開発ニーズ、及び審査時の日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。アウトプットに関しては若干の増減が生じ、総事業費、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。本事業のアウトカムである「汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」については、主要指標である二酸化硫黄（以下、「SO₂」という）、窒素酸化物（以下、「NO_x」という）、及び総浮遊粒子状物質（以下、「TSP」という）の排出削減量目標を達成し、補助指標も改善傾向にあり、有効性は高い。インパクトである「市民の生活環境の改善」については、事業対象地域において、小型石炭ボイラーが全て集中熱供給へ移行できたことで、住民の生活環境改善に寄与した。用地取得は審査時の面積を下回り、且つ適切に実施され、住民移転も発生していない。施工時、及び事後評価時の自然環境へのインパクトについても適切な対応とモニタリングが実施され、負のインパクトは認められない。以上より、計画どおりの事業効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理を担う蘭州市西熱東輸送管理有限会社、及び蘭州范坪熱網有限会社の体制、技術、財務、維持管理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。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



本事業により整備された熱交換ステーション（七里河区）

1.1 事業の背景¹

中国は、2005 年当初、国内にて消費するエネルギーのうち約 69%を石炭に依存していたことから、硫黄酸化物（以下、「SO_x」という）、煤塵等による大気汚染が深刻になっていた。こうした状況を踏まえ、中国政府は主要な汚染物排出量の削減を目標に掲げ、都市での石炭火力発電所の建設禁止、及びコージェネレーション設備や集中型熱供給の建設を推進することとした。

甘粛省は、急激な経済成長に伴いエネルギー消費が急増し、かつその資源の約 70%を石炭に依存していたことから、国家レベルでも大気汚染が特に深刻な地区の一つであった。特に本事業対象地域である省都の蘭州市は、冬期の地区暖房に 2,000 余台の小型石炭ボイラーを使用しており、同設備は集塵装置や脱硫装置等も不備であったことから、大気汚染の主な発生源となっていた。同市の急速な発展に伴い、これらを放置した場合、既存設備による汚染に加えて、毎年大量の小型石炭ボイラーの設置による更なる汚染が懸念されていた。加えて、同市は黄河沿いの山に囲まれた谷間に位置し、汚染された大気が拡散されにくい立地条件もあり、大気環境改善は喫緊の課題となっていた。このような状況を踏まえ、蘭州市人民政府は集中型熱供給施設の普及の向上、小型石炭ボイラーの新設の禁止、及び既設の小型石炭ボイラーの撤去を推進することで、同市の大気環境改善を図ることとしていた。本事業は、小型石炭ボイラーを代替する集中型熱供給設備を導入するものであり、大気汚染物質の排出量削減が期待されていた。

1.2 事業概要

甘粛省蘭州市の西固区、及び七里河区（西区、東南区²）において、集塵装置、脱硫装置等が不備である小型石炭ボイラーを撤去し、集中型熱供給施設を整備することにより、汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和を図り、もって同市の生活環境の改善に寄与するものである。



出所：実施機関提供資料。

図 1 蘭州市：本事業の集中熱供給地域

¹ JICA 提供資料及び事前評価表に基づく。

² 事前評価表を含む審査時の資料には「東城区」と記載されているが、「東城区」という正式な名称はなく、七里河区の東南部を指している。実施機関に確認したところ、七里河区の東南部における集中熱供給は「西の熱を東に送る」というコンセプトの下整備されたことから、七里河西区と区別するため「東城区」として示したとのことであった。本事後評価では実施機関と協議した結果、「七里河西区」と「七里河東南区」で統一した。

【円借款】

円借款承諾額/実行額	7,400 百万円/7,292 百万円
交換公文締結/借款契約調印	2007 年 12 月/2007 年 12 月
借款契約条件	金利 0.65% 返済 40 年 (うち据置 40 年) 調達条件 一般アンタイド
借入人/実施機関	中華人民共和国政府/甘肅省人民政府（財政庁）・蘭州市熱力公司
事業完成	2016 年 4 月
事業対象地域	甘肅省蘭州市（西固区、七里河西区、七里河東南区）
本体契約	Jiansu Sainty Machinery Imp. & Exp. Corp. Ltd.（中華人民共和国）、Haotian Energy Conservation Equipment Co., Ltd（中華人民共和国）
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：中国市政工程西北設計院
関連事業	円借款：蘭州市環境整備事業（L/A 調印 1996 年）

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

スズキ S. ヒロミ（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：2019 年 2 月～2020 年 1 月

現地調査：2019 年 4 月 7 日～4 月 30 日、2019 年 8 月 17 日～8 月 24 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

A) 開発計画

本事業審査時の開発計画は「国民経済社会発展第 11 次 5 カ年計画（2006 年～2010

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」

年)」である。同計画では再生可能エネルギーによる既存エネルギーの代替の推進等を通じ、2010年までにGDP当たりのエネルギー消費量を2005年から比べて20%削減し、同様に大気汚染物質のSO₂及びNO_xをそれぞれ10%削減することを目標として掲げていた。事後評価時の開発計画は「国民経済社会発展第13次5カ年計画（2016年～2020年）」である。同計画では熱電併給システム及びクリーンエネルギー熱供給方式、集中熱供給を含めた都市インフラ施設建設の強化を通じ、2020年までにGDP当たりのエネルギー消費量を2010年から比べて15%削減することを掲げている。具体的にはGDP当たりの二酸化炭素（以下CO₂という）の排出量を2010年の実績から18%削減し、SO₂とNO_xについては2015年の実績値からそれぞれ15%削減することを目標としている。

審査時における甘粛省の開発計画は「甘粛省国民経済社会発展第11次5カ年計画（2006年～2010年）」であり、集中型熱供給を推進することで都市の大気環境を改善し、2010年までに同省の大気質を「国家環境空気質基準（GB3095-1996）」の2級基準⁵に達することを掲げている。事後評価時の甘粛省の開発計画は「甘粛省国民経済社会発展第13次5カ年計画（2016年～2020年）」であり、小型石炭ボイラーからクリーンエネルギーへの転換、集中型熱供給施設の推進、新エネルギーによる暖房供給事業を引き続き展開することで、「国家環境空気質基準（GB3095-2012）」2級基準（脚注5を参照）を厳守し、集中熱供給面積を1億8,000万㎡にまで拡大することを掲げている。

以上、審査時、事後評価時ともに本事業の目的は国家及び甘粛省の経済社会発展計画と合致している。

B) 環境保護計画

審査時の国家環境保護計画は「第11次5カ年環境保護計画（2006年～2010年）」であり、2010年までに達成すべき主要目標を5つ掲げている。中でも本事業は「新たな環境汚染の発生抑制」「生態環境破壊の抑制」「環境保全重点指定地域・都市にかかる環境改善」の3つの目標と合致している。特に大気汚染対策については都市での石炭火力発電所の建設制限を行うとともに、大気汚染負荷の小さい熱源である集中型熱供給施設の整備、石炭から大気汚染負荷の小さい天然ガスへのエネルギー

⁵ 審査時の国家基準は1996年に策定された「国家環境空気質基準（GB3095-1996）」であり、事後評価時は2012年に改定された「国家環境空気質基準（GB3095-2012）」である。2級基準は居住地区、商業、交通及び住民の混合地区、文化地区、一般工業地区及び農村地区、特定の工業地区に適用される。2012年版は1996年版に比べNO₂の基準が厳しくなったことに加えて、TSPに代わって、微小粒子状物質で粒子径が概ね2.5μm以下のPM_{2.5}、及び10μm以下のPM₁₀のモニタリングが義務付けられた。さらに、1996年版では3級基準としてより緩い基準が適用されていた特定の工業地区が2012年版では2級基準に含まれ、同地区に適用される基準がより一層厳しくなった。2級基準を日本、米国、欧州委員会の基準と比較した場合、NO₂を除き、同等レベルもしくは緩いが、中国では大気環境改善に向けた総合的な対応の強化を現在も続けており、国家基準は経済社会の発展状況と環境保護のニーズに基づき適時改訂が行われる制度になっていることから、今後も環境基準の厳格化は十分在り得る。（出所：実施機関提供資料）。

転換等を推進している。事後評価時の環境保護計画は「第 13 次 5 カ年環境保護計画（2016 年～2020 年）」であり、2020 年までに達成すべき主要目標の中でも本事業は「生態系の保護と都市化を融合させた『生態文明建設モデル体系』を整え、継続的に向上させる」「生態文明建設モデル地区と環境保護モデル都市作りのガイドラインを編成し、各地の生態文明モデル建設の実践に向けた指導する」の 2 つの目標と合致している。

審査時の蘭州市の環境保護計画は「蘭州市環境保護第 11 次 5 カ年計画」であり、集中型熱供給施設の普及、小型石炭ボイラーの新設禁止、既設小型石炭ボイラーの撤去を推進し、2010 年までに SO₂ と TSP の排出量について 2005 年の実績値から 10% 削減することを目標としている。より具体的に 715 台の小型石炭ボイラーの撤去と本事業の熱源の一つである范家坪熱電所の建設計画も同計画に含まれている。事後評価時の蘭州市の環境保護計画は「蘭州市環境保護第 13 次 5 カ年計画（2016 年～2020 年）」であり、都市部の熱供給について、主に熱電併給システム及びクリーンエネルギー熱供給方式を積極的に推進し、小型石炭ボイラーを完全に撤去することを掲げている。また、環境保護計画に加えて、蘭州市では「蘭州市中心市街区熱供給特別計画（2016 年～2035 年）」が同市の熱供給に係るマスタープランとして策定されている。同計画では具体的に熱電併給システムのインフラ整備、及び熱交換所の増加を通じて、2020 年までに都市部の集中熱供給普及率を 81%に引き上げ、SO₂ や NO_x の総量規制を引き続き強化することを掲げており、本事業との整合性も高い。

以上、本事業は審査時及び事後評価時の、中国と甘粛省の国民経済社会発展 5 カ年計画、及び中国と蘭州市の環境保護 5 カ年計画、事後評価時の蘭州市の熱供給計画、のそれぞれにおける大気環境汚染抑制と改善、集中熱供給の普及、都市熱供給インフラ整備等の目標と合致している。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

中国の環境汚染は 1990 年代の環境保護政策強化により一定の成果を上げたが、2005 年時点の状況は依然として深刻であった。特に本事業対象地である甘粛省蘭州市の市街区は人口 205 万人、面積は 95.4 km²、集中熱供給普及率は 32%と低く、冬期の暖房には集塵装置や脱硫装置も不備でエネルギー効率が低い小型石炭ボイラーを使用しており、これらが主な大気汚染源となり、全国 113 の国家環境保護重点大気汚染都市におけるワースト 20 位と大気汚染改善は緊急を要する課題であった。この状況に対し、蘭州市では主要汚染物質総量規制目標値を設定し、努力を行っていたことから SO₂、NO₂、TSP の大気汚染物質の年平均濃度は 2006 年には「国家環境空気質基準（GB3095-1996）」2 級基準を達成したものの、熱供給を行う冬期の最大値についてはいずれも依然として同国家基準を満たしていなかった（表 1 参照）。

表 1 蘭州市の大気汚染物質濃度の変化、及び国家環境空気質基準との比較

(単位：mg/m³)

	SO ₂		NO ₂		TSP	
	年平均	冬期 最大値	年平均	冬期 最大値	年平均	冬期 最大値
2002 年	0.085	0.371	0.055	0.219	0.199	1.523
2003 年	0.085	0.393	0.049	0.175	0.174	1.003
2004 年	0.073	0.289	0.045	0.142	0.169	0.739
2005 年	0.069	0.281	0.037	0.158	0.158	0.729
2006 年	0.057	0.216	0.052	0.183	0.193	0.865
国家環境空気 質基準 2 級 (1996 年) 注	年平均	日平均	年平均	日平均	年平均	日平均
	0.06 以下	0.15 以下	0.08 以下	0.12 以下	0.20 以下	0.30 以下

	SO ₂		NO ₂		PM10		PM2.5	
	年平均	冬期 最大値	年平均	冬期 最大値	年平均	冬期 最大値	年平均	冬期 最大値
2013 年	0.033	0.075	0.035	0.056	0.133	0.197	統計なし	統計なし
2014 年	0.029	0.049	0.048	0.060	0.123	0.148	0.060	0.083
2015 年	0.023	0.045	0.053	0.073	0.120	0.142	0.052	0.079
2016 年	0.019	0.037	0.057	0.101	0.114	0.199	0.054	0.097
2017 年	0.020	0.053	0.057	0.090	0.111	0.208	0.052	0.083
2018 年	0.021	0.040	0.055	0.068	0.103	0.218	0.044	0.073
国家環境空気 質基準 2 級 (2012 年) 注	年平均	日平均	年平均	日平均	年平均	日平均	年平均	日平均
	0.06 以下	0.15 以下	0.04 以下	0.084 以下	0.07 以下	0.150 以下	0.035 以下	0.075 以下

出所：実施機関提供資料。

斜体太字は国家大気環境基準 2 級を超えるもの。

＊：審査時における国家環境空気質基準は GB3095-1996、事後評価時は GB3095-2012 である（国家環境空気質基準の詳細は脚注 5 を参照）。

事後評価時、蘭州市市街区の人口は 254 万人、面積は 186 km²まで成長した。小型石炭ボイラーは全て撤去され、暖房は本事業を含む集中熱供給及び天然ガスによって賄われ、集中熱供給普及率は 71%⁶まで向上した。全国国家環境保護重点大気汚染都市のワースト順位も 169 都市中ワースト 70 位までに改善した。市街区における大気中の汚染物質濃度についても、表 1 に示すとおり 2016 年からは SO₂、NO₂、PM2.5、PM10 のそれぞれの濃度は年平均及び冬期とも審査時の国家基準（GB3095-1996）2 級は達成できているものの、2012 年に改定された国家基準（GB3095-2012）に照らし合わせた場合、国家 2 級基準の年平均及び冬期最大値の両方の基準を達成できているのは SO₂のみである。NO₂ が国家基準を達成できていない主な理由として、実施機関によれば、近年自動車台数が大幅に増加しており、それと共に NO₂ の排出量が増加しているためである。さらに、PM2.5 と PM10 の年間平均値が基準を超える理由としては、特に冬期は風がない日が 40 日を超えることが多く、自動車の排気ガ

⁶ 事後評価時、蘭州市における集中熱供給の熱源工場は、西固熱電供給工場（330MW×2）、范家坪熱電供給工場（300MW×2）、及び第 2 熱電プラント（110MW×2）の 3 カ所である。本事業で整備された熱交換所及び熱供給管網は①と②を熱源としており、蘭州市の 4 つの行政地区（安寧区、西固区、七里河区、城関区）のうち西固区及び七里河区をカバーしている。これら地区の集中熱供給普及率は西固区 100%、七里河区 80%を達成している。

スが拡散しにくくなることに起因する。蘭州市は現在も都市化が進んでおり、今後とも熱需要は増加すると予測され、市政府は今後の人口増加に対応すべく、暖房地域の熱負荷に応じた都市暖房計画を改定する予定であり、事後評価時も本事業の開発ニーズは高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時の対中国援助政策は、「対中国経済協力計画（2001 年～2006 年）」、国際協力機構（JICA）の「海外経済協力業務実施方針（2005 年～2007 年）」及び「2006 年度国別業務実施方針」である。「対中国経済協力計画（2001 年～2006 年）」⁷では、対中国政府開発援助は、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ことが目標として設定され、6つの重点分野を掲げている。中でも「環境問題など地球的規模の問題に対処するための協力」の重点分野では、新・再生可能エネルギーの導入及び省エネルギーに向けた努力を支援することを明示しており、本事業との整合性が高い。「海外経済協力業務実施方針（2005 年～2007 年）」については、「貧困削減への支援」「持続的成長に向けた基盤整備」「地球規模問題・平和構築への支援」「人材育成への支援」の4分野を重点分野とし、特に地球規模問題では日本の技術を活用し、効果的に途上国の環境問題に対処し、生活改善を支援するとともに、地球温暖化に対しても積極的に貢献するとしており、本事業との整合性が高い。「2006 年度国別業務実施方針」⁸については「環境保全」が重視され、大気汚染対策への支援等、政府の役割が求められる公的な事業に重点を置き、環境行政能力向上等ソフト面の支援を行うとともに日本の地方自治体との連携を強化し、環境分野に関する日本のノウハウの移転に努めるとしている。大気セクターについては既存の火力発電への排煙脱硫装置設置、集中型熱供給施設整備、天然ガス化事業、大気環境モニタリング整備導入、及びこれらのソフト面での支援強化を目標とすることを掲げており、本事業との整合性は高い。

以上より、本事業の実施は中国、甘粛省、及び蘭州市の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

審査時のアウトプットは熱供給施設整備、及び訪日研修であった。実績としては、熱供給施設整備について下記3点の変更が生じた。これらは、詳細設計時に行われた分析に基づくものであり、いずれも運用上の安全性、信頼性、及び運用コストの

⁷ 外務省「対中国経済協力計画（2001 年～2006 年）」。

⁸ JICA 提供資料に基づく。

削減、また変更のプロセス⁹という観点からも妥当であった。2 回計画されていた訪日研修については、それぞれの実施時期に変更が生じたが、内容や参加者人数、参加対象者は概ね計画どおりに実施された（審査時、及び事後評価時のアウトプットの詳細については「主要計画/実績比較」を参照）。

- ① 熱供給管の敷設の増加：詳細設計時の調査の結果、熱供給管の敷設の数量が審査時の 115.45km から、実績は 131.15km へ増加し、計画比 113%となった。
- ② 熱交換所数の減少：審査時は 220 カ所の熱交換所の建設が予定されていたが、地理的に近い熱交換所は統合させ、効率化を図るという措置を実施機関が取ったため、実績としては 170 カ所の熱交換所（計画比 77%）が建設された。ただし、熱交換能力については、審査時の総能力 910MW が実績は 1,049MW へ増加し、計画比 115%となった。
- ③ ポンプステーションからバルブ室への変更：審査時、2 カ所のポンプステーションの建設が計画されていたが、実績はポンプステーション 1 カ所、バルブ室 1 カ所となった。バルブ室の建設により、本事業の熱源である西固区と七里河区の 2 カ所の発電所の暖房パイプを互いに接続させることが可能となった。その結果、独立していた西固区と七里河区の熱供給管網を互いに補完できるようになり、蘭州市の熱供給システムをより強固なものにした。



本事業により整備された蘭州范坪熱網有限公司のコントロールステーション



本事業により整備されたバルブ室

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

審査時の総事業費は 15,160 百万円（うち外貨 7,899 百万円、内貨 7,261 百万円、円借款対象は外貨のみ 7,400 百万円）。実績は総事業費 18,146 百万円（うち外貨 7,293 百万円、内貨 10,853 百万円、円借款は外貨 7,293 百万円）、計画比 120%と計画を上回った。

⁹ 実施機関への聞き取り調査から、中国では通常市政府による F/S の承認を得た後、これを基本としながらより詳細な現状調査が行われ、この結果を基に詳細設計が作成される。従って、F/S から詳細設計の段階である程度の変更が生じる。本事業の場合、これらの変更は事業目的の達成、開発効果発現につながるロジックとの整合性に係るような重大な変更ではなく、変更プロセスとしても問題はなかったことが確認できた。

総事業費が計画を上回った主な理由は、特に資機材の価格及び人件費¹⁰の高騰による土木工事費の増加（計画比 187%）である。その他の費目は計画どおり、もしくは計画内に収まった。特に、用地取得費が計画比 65%に収まったことで総事業費のさらなる増加を抑えることができた。本事業では小型石炭ボイラーの跡地を無償で再利用することを計画してはいたものの、新たな用地取得については、これらを野菜の栽培などに利用していた住民に対する土地補償料等の支払いが発生することが想定されていた。しかし、実際は熱交換所を統合することで数を減らすという効率的な事業実施を徹底したことで新たな用地取得が不要となり、用地取得費を大幅に削減することができた。

以上、総事業費は計画を上回ったが、アウトプットの増加を抑える努力が行われたことは評価に値する。

3.2.2.2 事業期間¹¹

審査時の事業期間は 2007 年 12 月～2015 年 10 月（7 年 11 カ月、95 カ月）であった。実績は 2007 年 12 月～2016 年 12 月（9 年 1 カ月、109 カ月）、計画比 115%と計画を上回った。その主な理由としては、詳細設計の作成に時間を要したため、設備・備え付け工事の開始が 7 カ月遅れた点、及び F/S から詳細設計の過程で発生したアウトプットの変更や調整により、設備・据付工事の期間が 8 カ月延びた点があげられた。

訪日研修については、第 1 次を 2008 年 6 月、第 2 次を 2009 年 6 月にそれぞれ 10 日間実施される予定であったが、第 1 次第 2 次とも研修内容の調整に時間を要したことに加えて、第 2 次については東日本大震災に配慮し遅れて実施したため、第 1 次は 2010 年 1 月に 11 日間、第 2 次は 2016 年 1 月に 10 日間実施された。

以上、事業期間は計画を上回った。

3.2.3 内部収益率（参考数値）¹²

本事業の審査時の財務的内部収益率（Financial Internal Rate of Return、以下「FIRR」という）は、8.4%であった。事後評価時の FIRR は 8.2%と審査時とほぼ変わらず良

¹⁰ 実施機関提供資料によれば、特に人件費は 2010 年から 2016 年にかけて 152%も増加した。

¹¹ 本事業では、審査時における事業期間への影響がある留意点として、①中央政府から事業実施部門に対する転貸契約の締結・発効の遅延、及び②本事業の七里河区（西区、東南区）の熱源となる中国国電蘭州熱電有限責任会社の范家坪熱電所（容量 300MW×2）建設の 2009 年 10 月完成、の 2 点もあげられていた。前者については、転貸契約の締結・発効に遅延は生じていないことが実施機関への質問票、聞き取り調査から確認できた。後者については、遅延が生じ 2012 年 11 月に完成した。ただし、本事業の熱交換所の稼働開始時期は西固区 2010 年、七里河区（西区、東南区）は 2012 年であったため、范家坪熱電所稼働開始の遅延による本事業への影響はなかった。

¹² 審査時の FIRR は次の前提に基づき計算した。費用に関しては事業費、及び運営・維持管理費、便益に関しては料金収入。プロジェクト・ライフは 30 年。事後評価時は同じ前提を用いたが、今後の費用や料金収入の増加について明確な情報が得られなかったものについては聞き取り調査から得られた情報を基に推計した。

好であった。本事業では事業費が増加したものの、「3.4.3 運営・維持管理の財務」にも記載しているとおり様々な方法で効率化を図っており、運営・維持管理費が料金収入によって賄えていることが大きい。

本事業は主に熱供給管の敷設、及び熱交換能力の増加が生じ、アウトプットに若干の変更があったが、いずれも運用上の安全性、信頼性、及び運用コストの削減という観点からは妥当な変更であった。アウトプットの変更に伴い、事業費は計画比 120%、事業期間は計画比 115%と、いずれも計画を上回ったが、アウトプットの変更に見合う増加であった。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・インパクト¹³（レーティング：③）

本事業のアウトカムは「小型石炭ボイラー等汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」であり、インパクトは「蘭州市の生活環境の改善」である。前者については「3.3.1 有効性」の定量的効果で、後者については、「3.3.2 インパクト」でそれぞれ分析を行った。審査時、定量的なインパクトとして記載されていた本事業の完成によって削減される CO₂については、有効性の指標のベースとなるものであるため「3.3.1 有効性」の定量的効果の補助指標とした。

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業のアウトカムは「小型石炭ボイラー等汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」であり、主要指標（①SO₂ 排出削減量、②NO_x 排出削減量、③TSP 排出削減量）及び補助指標（④CO₂ 排出削減量、⑤石炭消費削減量、⑥小型石炭ボイラー撤去台数、⑦受益者数、⑧熱供給面積、⑨集中型熱供給普及率）を用いて評価を行った。

主要指標①～③、及び補助指標④はいずれも指標⑤石炭消費削減量を基に計算され、さらに同指標は指標⑥小型石炭ボイラー撤去台数の増減によって変化する（詳細は表 2 の注を参照）。本事業では指標⑥小型石炭ボイラー撤去台数が審査時の 715 台から、実績は 850 台¹⁴に増えたことで、指標⑤石炭消費削減量も計画比 152%と大幅に増えた。これにより指標①SO₂ 排出削減量、②NO_x 排出削減量、③TSP 排出削減量、及び指標④CO₂ 排出削減量もそれぞれ計画比 115%、116%、114%、

¹³ 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。

¹⁴ 小型石炭ボイラーの撤去台数が増えた理由は、審査時、市政府に登録が必要な小型石炭ボイラーの規模が 10 万 m² 以上のボイラーであり、これが 715 台だったため、同台数が撤去すべき小型石炭ボイラー台数の目標値として設定された。しかし、詳細設計時に上記規模を下回る小型石炭ボイラーが存在することが明らかになり、これらも撤去し、本事業によって集中熱供給を行うことになったため、最終的に 850 台が撤去されることになった。

171%と目標値を上回る結果となった。当初計画に含まれていなかった小型石炭ボイラーが撤去されたことで、指標⑦受益者数も計画の78万人から83万人（計画比106%）に増え、同様に指標⑧熱供給面積も、計画の1,820m²に対し、実績は1,850m²（計画比106%）に増えた。本事業により事業完成時の指標⑨集中熱供給普及率は対象区において平均80%を達成することが可能となった。

表 2 運用効果指標：目標、実績、目標達成度合い

指標名*		目標値 事業完成時	実績値	
			事業完成時 2016 年	目標達成 度合い (%)
主要 指標	① SO ₂ 排出削減量 (t/年)	9,000	10,340	115%
	② NO _x 排出削減量 (t/年)	7,800	9,012	116%
	③ TSP 排出削減量 (t/年)	5,000	5,722	114%
補助 指標	④ CO ₂ 排出削減量 (t/年)	933,000	1,600,000	171%
	⑤ 石炭消費削減量 (t/年)	513,000	780,000	152%
	⑥ 小型石炭ボイラー撤去台数 (台)	715	850	119%
	⑦ 受益者数 (万人)	78	83	106%
	⑧ 熱供給面積 (m ²)	1,820	1,850	102%
	⑨ 集中型熱供給普及率 (%)	情報なし	79.9%	—

出所：目標値は事前事業評価表、JICA 提供資料。実績値は実施機関提供資料。

*：指標の定義・計算方法は下記のとおり：

指標①～④については中国国内の「全国土木建設技術対策：暖房・空調・エアコン（2009年）」に定められている計算式（石炭消費削減量をベースに、転換係数、年間ボイラー稼働日数等から成る）を用いて導き出される。

指標⑤石炭消費削減量：「本事業によって撤去された小型石炭ボイラーの石炭消費量」から「本事業の熱源である火力発電所の石炭消費量」を引いた値。

指標⑥小型石炭ボイラー撤去台数：本事業の集中熱供給が整備されることによって撤去される小型石炭ボイラーの数。

指標⑦受益者数：本事業の直接的な受益者人数。

指標⑧熱供給面積：本事業によって直接熱供給される面積。

指標⑨集中型熱供給普及率：本事業対象区域の総熱供給人口÷総人口。

以上、全ての指標が目標値を上回り、本事業によって「小型石炭ボイラー等汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」が達成され、著しい効果が発現している。

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

本事業の定性的効果は「蘭州市の生活環境の改善」とされていた。これは本事業のインパクトレベルの効果として理解できるため、「3.3.2.1 インパクトの発現状況」で評価を行った。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

① 定量的インパクト

蘭州市の大気環境に関する定量的な変化については「3.1.2 開発ニーズとの整合性」の表1に記載しているとおり、SO₂、NO_xについては審査時の国家基準と比較した場合、確実に改善している。集中熱供給普及率は2006年の32%から2007年には71%まで向上しており、本事業による蘭州市の大気環境への一定のインパクトが認められる（詳細は「3.1.2 開発ニーズとの整合性」を参照）。

② 定性的インパクト

本事業のインパクトは「蘭州市の生活環境の改善」である。同インパクトを把握するため、受益者を対象としたグループインタビュー¹⁵を実施し、①現在の熱供給サービスについての満足度、及び②集中熱供給能力・サービスが向上したことによる事業前後の生活や健康状態の変化について確認した。表3に示すとおり、①に関する住民の満足度は、供給時間、サービス停止時間・日数、顧客対応、料金設定の全ての項目で非常に高く、常に安定した温度が保たれ、総合して満足度が非常に高い事業であることが明らかとなった。②については、本事業により安定した温度での熱供給が可能となり、生活環境（屋内・屋外の衛生面、大気環境）、健康面、生活スタイルが大幅に改善し、現在では冬期でも、事業前のように寒さや外の空気を気にすることなく自然体で生活ができるようになり「生活の質」が上がったことが確認できた。

¹⁵ グループインタビューの概要は次のとおり。実施日：2019年4月24日、25日（合計2日間）。調査対象者：本事業の対象区域（西固区、七里河区）から合計28名（男性15名、女性13名）を実施機関が招集。年齢別には20代（5名）、30代（11名）、40代（5名）、50代以上（7名）。この他、6世帯（西固区、七里河区、それぞれ3世帯）を訪問し聞き取り調査も行った。収集方法は、実施機関が対象地域内の顧客リストからランダムに選び、グループインタビュー実施の日時を伝えた上、参加可能な住民を募った。自宅訪問の場合は、地域だけではなく対象者が住む階層も考慮した。一世帯当たりの人数は平均して3人であった。居住形態：事業前は平屋に住んでいた1名を除き、全員勤務先の企業が提供する団地に住んでいた。事後評価時は全員集中熱供給完備の集合住宅である。事業前の熱供給方法：平屋では小型石炭ストーブを利用（1名）、残りは集合住宅で小型石炭ボイラーによる供給を受けていた（27名）。

表 3 事業のインパクト：グループインタビューから得られた主な結果

【現在の熱供給サービスについての満足度】 - 事業の満足度：供給時間、サービス停止時間・日数、顧客対応、料金設定の全ての項目が「とても満足（16名）」、「満足（6名）」であった。後者の主な理由は「今でも十分満足のいくサービスであるが、この先も完璧を目指してほしい」「低階層の体感温度は高階層より低いことが多いため、低階層の熱供給温度を高くしてほしい」「カスタマーサービスの対応時間を改善してほしい」であった。 - 熱供給サービス停止・顧客対応：熱供給会社の不備によるサービス停止はこれまでない。年 1～2 回、停電や断水等の計画的なサービス停止はあるが、事前に必ず連絡があり、数時間で終わるため生活に支障はない。熱供給開始前には各家庭を回り、試運転、温度測定、パイプの空気の抜き方を必ず指導している。 - 供給時間と料金設定：サービス期間は毎年 11 月 1 日から 3 月 31 日、24 時間供給である。事業開始時の料金は 4.2 元/m²/月、事後評価時は 5 元/m²/月とほぼ変化はない。スマートメーターを設置している住民の場合、各家庭でバルブの調整ができるため、事業前と比べて平均して約 500 元/年の熱料金費用の節約につながっている。住宅面積に基づく料金を支払っている住民は、事業前と比べて年平均 300～400 元/年多く支払っているが、勤務先企業から暖房費の補助等もあり、総合して家庭の収入における燃料費の割合は若干増えたが、微々たるもので生活に影響はなく満足度は非常に高い。支払い方法も銀行、料金徴収所、携帯、高齢世帯は徴収サービスもあり選択範囲が広く非常に便利である。
【集中熱供給能力・サービスが向上したことによる事業前後の生活の変化】 - 小型石炭ボイラーの利用状況の変化、集中熱供給に変更したことによる生活の変化 - 住環境）がよかった。事業前は小型石炭ボイラーを稼働する人員が少なく、夜は勤務しないこともあり夜間の温度は急激に下がり温度が不安定であった。室内温度は平均して昼は 14 度～15 度、夜は 7 度～8 度だった。日中でも家の中は寒く、厚着をして、電気ストーブを使っていた。住宅の近くにボイラー室があった場合は、煤塵が多く空気が悪く、さらに石炭を運ぶトラックの騒音などの公害もあった。事業後の室内温度は一律 18 度に保たれ安定しており、生活のリズムも変わり快適な生活を送ることが出来るようになった。集中熱供給の場合、灰や煙がないため室内外の空気も大幅に改善した。 - 蘭州市の大気環境が改善した。冬は空も太陽も見えず大気環境は最悪だったが、現在は青空も星空も見え一年を通じ大気環境が良い。加えて小規模石炭ボイラーの煙突がなくなり景観も良い。 - 大気汚染による疾患の発生に関する意見 - 事業前は、主に子どもや高齢者には風邪、喘息、関節の痛み、冷え性等の健康問題が多かったが、現在は明らかに健康状態が改善した。スポーツ等のアウトドア活動もできるようになり、心身ともに健康になった。

出所：受益者へのグループインタビューに基づく。

総じて、本事業の「蘭州市の生活環境の改善」に関する肯定的な意見を聞くことができ、本事業の一定のインパクトを裏付ける結果が得られた。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

① 自然環境へのインパクト¹⁶

環境影響評価（EIA）報告書は2007年1月に甘肅省環境保護局により承認された。審査時に予定されていた施工時、事業完了後の汚染対策（集塵装置、脱硫装置の設置、排水処理等）、及び環境モニタリングについては、蘭州市環境保護局が担当する予定であった。事後評価時に蘭州市環境保護局から入手した環境状況報告や環境モニタリングステーションのデータに基づけば、審査時に予定されていた環境汚染対策、及び環境モニタリングは計画どおり実施され、中国国内の規則・基準を守り、環境への影響は最低限に抑えられたことが確認できた。

② 住民移転・用地取得

本事業では審査時、事業予定地 12.83ha 中、約 1.83ha の用地の使用権をすでに取得しており、残り約 11ha について中国国内手続きに沿って使用権の取得が進められる予定であった。実績としては、本事業で取得を必要とした土地は合計 2.3ha と計画を大幅に下回った。その主な理由は、①本事業で整備された熱交換所の多くが撤去された小型石炭ボイラーの跡地に建設され、土地の再取得が不要となった、②計画していた一部熱交換所について、地理的に近くにあるものは統合する措置が取られ、必要な土地面積が減ったためである。取得された 2.3ha の土地は中国国内の法律に従い、蘭州市人民政府が建設用地を割り当て、「蘭州市土地収用管理規則」に基づく金銭的補償が行われた。これらの土地には野菜の栽培が行われているものが含まれていたが、当該農家に対し支払われた補償額には土地補償料・年金・保険基金及びその他の関連費用が含まれ、生活が十分保証される内容であったことが実施機関への聞き取りから確認できた。なお、住民移転については審査時から発生しない予定であり、実際にも発生していない。

¹⁶ 本事業対象地域は、審査時、国立公園等の影響を受けやすい地域、またはその周辺に該当せず、自然環境への負の影響は最小限であると想定されていた。事後評価時に実施機関への聞き取り、現地視察を通じ、計画どおりであったことが確認できた。住民へのグループインタビューにおいても施工時・稼働時において本事業による環境への負の影響は生じていないことが確認できた。また、本事業では、審査時の留意点として、本事業の熱源の一つである范家坪熱電所の環境への影響及び対策があげられていた。この点については、事後評価時、同発電所への聞き取りと視察から、同発電所の大気汚染物質排出量に関する情報がオンライン自動監視装置を通じ、蘭州市環境保護管理部門環境監視局にリアルタイムで送られており、蘭州市環境保護局は「蘭州市大気汚染防止管理法施行措置」に基づき、范家坪熱電所の環境負荷を適切にモニタリングしていることが確認できた。仮に基準値を超える大気汚染部室の排出が発生した場合、蘭州市環境保護局が直ちに指導を行い、罰則もある。従って、范家坪熱電所の環境への負荷についても中国国内の基準が守られており、特段問題は見受けられない。

③ その他正負のインパクト

蘭州市には審査時から貧困層への熱供給料金減免措置があり、本事業でも貧困削減促進対策として適用される予定であった。事後評価時の蘭州市人民政府による貧困層及び弱者に対する対策としては、「障害者福祉社会の促進に関する実施意見（蘭州市人民政府（2016年63号）」であり、障害者・福祉・介護施設の暖房設備を建設し、熱供給料金を減免している。

その他、審査時に予測されていなかったインパクトとしては、撤去された小型石炭ボイラーの跡地の一部が公共施設（公園、緑地、駐輪場等）に再利用され、地域住民の生活空間の改善にもつながっている点に加えて、本事業を含む蘭州市の大気環境改善への取り組みが、2015年にパリで開催された国連の気候変動会議において認められ、国内外にグッドプラクティスとして「今日の変化と進歩賞」（「コラム」を参照）を授与されたことがあげられる。



本事業の実施により不要となった
小型石炭ボイラーの跡地の
再利用例：シェアリング自転車整備

【コラム】本事業を含む蘭州市の大気環境改善への取り組みのインパクト：国連気候変動会議「今日の変化と進歩賞」の受賞

2015 年の国連気候変動会議で、蘭州市は「今日の変化と進歩賞」を受賞した。蘭州市人民政府は前述の環境保護計画等の 5 カ年計画に基づき、蘭州市の大気汚染防止のための包括的な対応策として、「蘭州市青空プロジェクト」を策定し、その実施方針の柱として「全員行動、科学政策、鉄拳の管理」から成る「蘭州モデル」を用いることで、全ての資源を動員して大気汚染を制御することを目標として掲げた。「蘭州市青空プロジェクト」の目標は①石炭火力による大気汚染の根本的な制御、②産業汚染物質の制御、③自動車による排気ガス汚染の制御と削減、④粉塵と粉塵汚染の効果的な削減、⑤都市部における生態系地域の拡大と保護に向けた生態系汚染防止対策の実施、である。中でも、目標①については、蘭州市人民政府として都市部におけるすべての小型石炭ボイラーを解体し、石炭燃焼による大気汚染を根本的に制御することを決定し、これにより都市部における冬期の大気優良日数が大幅に増加した点が評価されている。「小型石炭ボイラー等汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」を目標と

した本事業も大きく貢献したといえる。これらの取り組みにより GDP エネルギー消費が 20%減少し、蘭州市は、国内の汚染都市のワーストランキングにおいても着実に撤退し、国内において大気の質の改善について最も明確な結果を出し



蘭州市人民政府に授与された「今日の変化と進歩賞」の賞状とトロフィー（出所：実施機関提供）

た都市として認識され、環境汚染防止モデルとしての包括的なアプローチが「蘭州モデル」として認められるようになった。関係省庁は、蘭州市の公害防止の経験を中国全土に拡大し、さらにこれを国連気候変動会議に推薦した結果「今日の変化と進歩賞」を受賞するに至った。

出所：実施機関提供資料、聞き取り調査に基づく。

本事業のアウトカム「小型石炭ボイラー等汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」について、大気環境汚染物質（SO₂、NO_x、TSP、CO₂）の排出削減量は、小型石炭ボイラーの撤去数が増え、石炭消費削減量が増加したことで、いずれも目標を上回った。その他補助指標として設定した受益者数、熱供給面積のいずれも目標を上回り、著しい効果発現が認められる。以上、本事業のアウトカムは達成され、有効性は高い。インパクト「蘭州市の生活環境の改善」については、蘭州市の SO₂、NO_x、TSP の大気環境指標を入手したところ、審査時の国家基準に照らし合わせた場合、SO₂、NO_x、TSP については国家基準 2 級を達成することが出来た。定性的なインパクトとしては、住民へのグループインタビューを通じ、事業対象地域において小型石炭ボイ

ラーが全て集中熱供給へ移行できたことによる生活環境の大幅な改善が認められ、事業の満足度も非常に高かった。用地取得については審査時の面積を下回り、国が定めるプロセスに基づき適切に行われたことが確認できた。住民移転は発生せず、負のインパクトも認められなかった。自然環境へのインパクトについても、事業施工時、稼働開始後も環境保護局による適切なモニタリングが行われていることが確認できた。

以上より、本事業の実施により計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 運営・維持管理の制度・体制

本事業で整備されたインフラ施設の運営・維持管理の担当（以下、「事業実施部門」という）は「蘭州市西熱東輸送管理有限公司」、及び「蘭州范坪熱網有限公司」であり、いずれも蘭州市熱力公司の子会社として本事業のより効率的で効果的な運営・維持管理を目的として設立された。事後評価時、前者は西固区の集中熱供給面積の100%を、後者は七里河区（西区、及び東南区）の集中熱供給面積の80%を担っている。いずれの子会社も、社長、副社長のもと、熱供給管網・ポンプ場、熱交換所、コントロールセンター、運営サービス、行政労務部等、合計14部から構成されている。熱交換所の運営・維持管理については、各区が3地域に分けられ、各地域に3～4名を1組とし、4組3交代で行われている。同様にコントロールセンターは3～4名を1組とし3組2交代で、熱供給管網・ポンプ場は3～4名を1組とし、3組×3交代でそれぞれ行われている。

表 4 事後評価時における事業実施部門の規模（人数）

部門名	蘭州市西熱東輸送管理有限公司 ^注	蘭州范坪熱網有限公司 ^注
熱供給管網・ポンプ場	合計 23 人：技術人員 6 人、 生産運行人員 16 人、事務員 1 人	合計 21 人：技術人員 6 人、 生産運行人員 14 人、事務員 1 人
熱交換所 （第 1、2、3 支店）	合計 142 人：技術人員 40 人、 生産運行人員 86 人、事務員 6 人	合計 136 人：技術人員 52 人、 生産運行人員 78 人、事務員：6 人
コントロールセンター （生産安全、生産技術）	合計 21 人：技術人員 19 人、 事務員：2 人	合計 11 人：技術人員 10 人、 事務員 1 人
電気設備維持管理・点検	合計 14 人：技術人員 4 人、 生産運行人員 6 人、事務員 4 人	合計 17 人：技術人員 8 人、 生産運行人員 7 人、事務員 2 人
運営サービス（営業、カスタマーサービス）	合計 85 人：管理者 3 人、 事務員 82 人	合計 70 人：管理者 4 人、 事務員 66 人
行政労務部（経営管理、人材、財務、党関連部門）	合計 19 人：管理者 2 人、 事務員 17 人	合計 21 人：管理者 3 人、 事務員 18 人
合計	314 人	276 人

出所：実施機関提供資料。

注：技術人員とは、国や省が発行する専門的な資格を有する人材、生産運行人員は会社内の資格を有する人材。

収集資料、及び現地視察、聞き取り調査を通じいずれの事業実施部門も、組織図が明確であり、運営・維持管理に必要な規模であるとともに、意思決定・指示系統、指導・監督等の体制も十分機能している。表4に示すとおり、安全・安心な運営・維持管理に必要な組織としての規模も適切であり、本事業の持続性を確保するための十分な体制が整っている¹⁷。

3.4.2 運営・維持管理の技術

本事業の事業実施部門の運営・維持管理の技術は、本事業によって整備された施設で採用されている技術の熟知度、特に国家資格取得者人数、研修制度、運営・維持管理マニュアルの整備や活用状況を基に評価を行った。



本事業によって整備された熱交換ステーションでの技術研修の様子

職員の運営・維持管理の技術水準に関して、両社とも国家資格が求められる職種（国家安全員、化学分析作業員、機械補修・取付作業員、電気溶接作業員、熱力運行作業員、配管作業員）について厳しく管理しており、積極的に職員の国家資格取得¹⁸を推進している。また、国家資格とは別に、熱交換所、及び熱供給管網に勤務する全従業員が「生産運行員」という社内資格を取得することが求められている。両子会社とも毎年職員の人材育成ニーズを把握した上で、次年度の研修計画を作成・実施する「従業員育成制度」を設けている。研修は、非稼働期間に集中的に実施されており、職員全員が毎月必ずなんらかの研修¹⁹を受け、常に知

識のアップデートや資格のアップグレードが図られている。国家資格が求められる職種については、外部の研修機関で研修を実施したり、外部の講師を招いたりして行われている。また、前述の「生産運行員」の社内資格を修得するためには、安全管理をはじめ、集中熱供給の基礎知識、運営・維持管理のプロセス等の研修（座学

¹⁷ 蘭州市では、蘭州市住宅都市農村開発局と蘭州市暖房サービスセンターが、生産の安全性の検査、暖房の準備、暖房サービスなどに焦点を当て、毎年熱供給期間開始前に施設の検査を行い、必要であれば事業実施部門に対し指導を行い、さらに共同で緊急計画を確認している。メーター等の設備については正確な測定を確実にするため、甘粛省計量研究所が検査を行っている。これに加えて、蘭州安全生産监督管理局は、安全な運転を確保するための安全管理要員訓練も行っており、事業実施部門のみならず、市人民政府との確実な連携により総合的に適切な運営・維持管理状況を保つための体制が存在する。

¹⁸ 国家資格を取得するためには現場での経験も必要であり、初級・中級・高級・専門技師の等級がある。毎年専門技術者の、国家職業資格鑑定等級試験を受け等級資格保持者の人数とアップグレードに努めている。

¹⁹ 定期的に行われる研修の例として次の研修があげられる：蘭州交通大学、建築環境設備工学科による研修：「暖房システム」「熱伝達」「熱交換器の選択と長所と短所」。その他研修としては「パイプネットワーク運用理論と実習」、「熱交換所設備の現場運用実習」、「水処理理論と実習」、「暖房ネットワーク自動制御システム、機器理論、実習」、「安全生産知識と管理能力訓練」、「クライアントサービス・品質管理」、「生産システム研修」。

と実務)を受け、定期的な評価が行われている。さらに、現場では必ずベテラン生産運行員と若手をチームとして組ませ OJT も徹底して行われている。従業員評価では、知識・技術力に加えて人柄やチームワーク、コミュニケーション能力、ビジネス力等も考慮した評価システムが 2018 年から導入されている。

運営・維持管理マニュアルの整備・活用状況を確認することを目的とし、本事後評価では全体の約 3 割にあたる合計 50 カ所の熱交換所、及び熱供給管網、バルブ室、コントロールセンターの視察を行った。現地視察の際には、それぞれの施設で運営・維持管理を担っている人員に対しても聞き取りを行った。さらにマニュアル、及び運行記録の確認、運営・維持管理の頻度や内容についても詳細に確認した。マニュアルについては各施設にそれぞれの設備に関するポスターサイズのマニュアルが壁に掛けられており、常に職員が確認できるように工夫されている。本事業ではさらに各熱交換所の担当地域の地図も整備されており顧客人数、合計熱供給面積などもすぐに把握できるようになっている。設備毎の運行記録と日誌が適切に記録・管理されており、緊急対策マニュアルも整備されている。本事業では 2017 年から全ての施設がオンラインでコントロールセンターとつながり、温度や圧力等の基本的なデータはリアルタイムでもモニタリングされている。

なお、本事業では「日本における集中熱供給の知識とノウハウを活用し、蘭州市が取り組む大気汚染等の改善を支援する」を目的として 2 回の訪日研修が行われた。本事業では審査時から技術レベルに関する大きな懸念はなく、実施機関への聞き取りからも、訪日研修の目的は日本の経験から、蘭州市での事業実施や集中熱供給の運営・維持管理にいかせるヒントを持ち帰ることが目標であったといえる。特に第 2 回目の訪日研修では大気汚染状況分析システムやごみ処理施設の排ガス利用等の実施機関が自らリクエストした内容も組み込まれた。研修に参加した人員への聞き取りから「日本における暖房の安全生産保証措置、設備や配管のレイアウト、企業文化についても学び、これらの経験を本事業に組み合わせることが出来た」「大気汚染状況分析システムや中心市街地におけるエネルギーの有効利用等は日本では 10 年前にすでに実施されていた。中国では近年ようやく取り組むようになり、10 年の遅れをとっていたと言える。訪日研修で得たヒントをようやくいかせるようになってきた」といった肯定的な意見を聞くことが出来、本邦研修の内容が少なからず現場で活かされていることが確認できた。なお、多くの訪日研修では、帰国後研修員が異動や離職してしまうケースが多いが、本事業では事後評価時においても全員事業実施部門に勤務しており離職率がゼロであることは特筆すべき内容である。その背景には現場に係る中間管理職や技術者を研修参加者として選定したことと、蘭州市人民政府が本事業のプロジェクト弁公室を現在も残すことで専門分野以外の国営企業等への人事異動を無くした事があげられる。

以上、いずれの事業実施部門においても運営・維持管理を担っている従業員の技術レベルは適切であり、研修制度も整っており、常に技術レベルの維持及び改善に

取り組んでおり、本事業の持続性のための技術が確保できている。人材育成に加えて、暖房設備及び備品についても厳格な国家規格要求に従って設計・設置・操作され、さらに定期的にテストされている。

3.4.3 運営・維持管理の財務

本事業の財務は親会社である蘭州市熱力会社が担っている。審査時には熱供給平均料金 15.7 元/m²/年に対し、熱生産平均価格は 16.7 元/m²/年であり、その結果、運営・維持管理費をカバーできない状況にあったため、料金体系の設定についての対策が本事業の財務面での持続性に関する留意点としてあげられていた。

蘭州市では事業開始から事後評価時まで 2008 年と 2012 年の 2 回価格調整²⁰が行われた結果、事後評価時には、熱供給平均料金 36.8 元/m²/年に対し、熱生産平均価格は 23.9 元/m²/年と、料金が価格を上回るまでに至っている（表 5）。

表 5 蘭州市における熱供給料金：審査時と事後評価時

区分		審査時 2007 年	事後評価時 2019 年
I	住民	2.8 元/月/m ²	5 元/月/m ²
II	公共施設(学校、病院)	3.3 元/月/m ²	7 元/月/m ²
III	サービス(ホテル等)	3.9 元/月/m ²	8.2 元/月/m ²
IV	商業・工業	4.5 元/月/m ²	9.2 元/月/m ²

出所：審査時は JICA 提供資料。事後評価時は実施機関提供資料。

事後評価時に入手可能であった蘭州市熱力会社の収支表から、事後評価時の料金収入で維持管理費用が十分賄われており、政府補助金に頼る必要もない、徴収率も 90%以上と高く、過去 3 年は黒字経営を続けていることが確認できた（表 6）。

表 6 蘭州市熱力会社の収支表（2016 年～2018 年）

（単位：千元）

	2016 年	2017 年	2018 年
営業収入（料金収入）	400,062	434,113	457,845
営業費用（人件費、運営・維持管理費含む 一般管理費・販売費等）	383,963	401,577	435,007
営業利益・経常利益	16,099	32,536	22,837
料金徴収率	95%	94%	95%

出所：実施機関提供資料。

注：所得税、営業税は免除されている。

²⁰ 蘭州市における熱供給料金は蘭州価格局が決定権を有している。価格改定のプロセスは、蘭州価格局が事業実施部門からの料金改定申請を受け、独自の調査を行い、適切な価格算出、レビュー、蘭州市人民政府の審問、承認を経て調整が行われる。料金は敷地面積を基に計算されるシステムに加えて、ここ数年でメーター導入を進めている。毎年 12 月 1 日に各家庭に請求書が送られ、暖房供給期間中に支払うことが義務付けられている。

また、蘭州市人民政府は、熱供給インフラ整備事業を対象にした補助金制度の他、緊急時、熱供給を含む社会基礎インフラサービス提供企業を対象にした補助金制度²¹。もあり、事業実施部門の財務が悪化した場合においても、安定した熱供給を確保するための制度も整備されている。以上、安定した黒字経営を続けていることに加えて、緊急時の補助金制度も整備されており、財務面での持続性は十分確保されている。

3.4.4 運営・維持管理の状況

本事業の運営は安全生産運転計画や暖房技術仕様に従って厳密に策定・実行され、全システムの圧力、温度、流量等のパラメータは自動制御システムにより制御され、常に設計パラメータの範囲内で安定した稼働が行われている。熱源工場からエンドユーザーまでの一連のプロセスが、それぞれの子会社のコントロールセンターにおいてリアルタイムで把握できるようになっており、同センターと現場の連携も取れている。熱交換所から各家庭に送られる水の温度は 38 度～41 度に保たれ、階数や暖房のタイプ別に温度や圧力の調整が行われている。稼働開始直前と稼働期間中は毎月 1 回各家庭を訪問し、温度と設備の確認を行い、必要であれば維持管理のためのアドバイスも行っている。



本事業によって整備された熱交換ステーションの熱交換器プレート定期メンテナンスの様子



本事業によって整備された熱供給管のメンテナンスの様子

施設・設備の基本的な日常点検は、熱供給期間については毎日 4 回、非熱供給期間は毎日 2 回、定期点検は設備毎にマニュアルに基づく点検が行われている。熱交換所の日常検査では具体的に建物の状況、建物内の臭い、モーターや循環ポンプの音、水漏れ、温度の確認を五感で行い、温度と圧力の数値をコントロールパネルで確認・記録し、オイルやフィルターの交換も日常的に行われている。スペアパーツ

²¹ 「蘭州市における都市暖房供給資金使用のための通知」蘭州市人民政府総局 [2016] No. 9、「公衆緊急事態に対する蘭州市人民政府の総合緊急計画」[2005]45 号等には、緊急事態に必要な資金は蘭州市によって保証される旨が記載されている。

についても、中国国内にメーカーの代理店があり、入手できない、納品が遅れる等の問題も生じていない。施設の拡張、効率や安定性を上げるための工夫（例えば、熱供給管網を断熱材で覆う、200メートル毎に自動膨張弁を新たに設置する、無停電電源装置の導入を増やす等）も随時行っており、省エネ技術等を含む研究を進める等の努力も行っている。

以上、事業実施部門への質問票、聞き取り調査、サイト視察、運営・維持管理記録の確認、抜き打ちでの職員への聞き取りを通じ、総じて本事業によって建設された施設、導入された設備の維持管理は厳格に行われており、さらにアップグレードするための企業努力も随時行われており、特段の問題は見当たらなかった。

以上より、本事業の運営・維持管理は制度・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

本事業は中華人民共和国の甘粛省蘭州市において、集塵装置、脱硫装置等が不備である小型石炭ボイラーを撤去し、集中型熱供給施設を整備することにより、汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和を図り、もって同市の生活環境の改善に寄与することを目的として実施された。本事業は、審査時及び事後評価時の中国、甘粛省蘭州市の開発計画、及び環境保護計画、開発ニーズ、及び審査時の日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。アウトプットに関しては若干の増減が生じ、総事業費、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。本事業のアウトカムである「汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」については、主要指標である SO₂、NO_x、及び TSP の排出削減量目標を達成し、補助指標も改善傾向にあり、有効性は高い。インパクトである「市民の生活環境の改善」については、事業対象地域において、小型石炭ボイラーが全て集中熱供給へ移行できたことで、住民の生活環境改善に寄与した。用地取得は審査時の面積を下回り、且つ適切に実施され、住民移転も発生していない。施工時、及び事後評価時の自然環境へのインパクトについても適切な対応とモニタリングが実施され、負のインパクトは認められない。以上より、計画どおりの事業効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理を担う蘭州市西熱東輸送管理有限会社、及び蘭州范坪熱網有限会社の体制、技術、財務、維持管理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。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

特になし。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

持続性の強化につながる実施機関の体制・技術のグッドプラクティスとしての普及

本事業は著しい効果を上げている。その要因として、実施機関・事業実施部門の体制が事業審査時から事後評価時まで非常に安定していることがあげられる。本事業の場合、通常では事業完了と共に解体されるプロジェクト弁公室が、市政府の方針により事後評価時も引き続き存在し機能しており、事業実施部門と密接に連携している。さらに、事業の持続性を確保するため人事異動も非常に限られていることが知識及び経験の確実な蓄積に繋がった。また、事業実施部門の人材育成方針として、各々が担当業務をこなしながらも日々業務改善に向けた提案ができる能力や地域社会の一員としての自覚と誇りを持ちながら業務にあたるといった点を重視しており、この方針が運営・維持管理の質を高めている。本事業は JICA の類似案件において当該事業の持続性を確保する上で望ましい事業実施部門の体制や技術に関するグッドプラクティスとなり得るため、今後も共有されることが望ましい。

以上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット		
I. 熱供給施設整備		
1) 熱供給管の敷設	西固区、七里河西区：70.34km 七里河東南区：45.11km	西固区、七里河西区：74.32km 七里河東南区：56.83km
2) 熱交換所の建設	西固区、七里河西区：108カ所 七里河東南区：112カ所 (総熱交換能力：910MW)	西固区、七里河西区：80カ所 東城区：90カ所 (総熱交換能力：1,049MW)
3) ポンプステーションの建設	2カ所	ポンプステーション1カ所、 バルブ室1カ所
4) 熱供給コントロールセンターの建設	2カ所	計画どおり
II. 研修		
・ 内容	大気環境改善に係る日本での技術研修	計画どおり
・ 回数（時期）	2回（2008年6月、2009年6月）	計画どおり（2010年1月、2016年1月）
・ 参加人数（上限）	第1回9名、第2回12名	第1回8名、第2回計画どおり
・ 参加対象者	事業実施部門の職員	計画どおり
②期間	2007年12月～2015年10月 (95カ月)	2007年12月～2016年12月 (109カ月)
③事業費		
外貨	7,583百万円	7,293百万円
内貨	7,577百万円 (486百万人民元)	10,853百万円 (728百万人民元)
合計	15,160百万円	18,146百万円
うち円借款分	7,400百万円	7,293百万円
換算レート	1人民元＝15.6円 (2007年6月時点)	1人民元＝14.9円 (2007年12月～2016年12月平均)
④貸付完了	2016年4月	

以 上