

中華人民共和国

2017年度 外部事後評価報告書

円借款「内蒙古自治区フフホト市大気環境改善事業（I）（II）」

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、中華人民共和国の内蒙古自治区フフホト市において、汚染負荷が低くエネルギー効率のよい集中型熱供給施設を整備することにより、小規模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と安定的な熱供給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¹及び事後評価時の中国、内蒙古自治区、フフホト市の開発計画、環境保護計画、熱供給計画、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審査時から大幅な見直しが行われたが、見直し後のアウトプットは第1期、第2期とも計画どおり実施された。総事業費と事業期間も計画どおりであったため効率性は高い。事業の効果として期待されていた本事業のアウトカムは「小規模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「フフホト市の生活環境の改善と安定した熱供給」である。アウトカムについては、両期とも主要指標である二酸化硫黄（以下、「SO₂」という）、二酸化窒素（以下、「NO₂」という）、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。インパクトについては、事業対象地域において、小型石炭ストーブや小規模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。用地取得は適切に実施され、住民移転は発生していない。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・維持管理を担うフフホト市城発投資経営有限責任公司及びフフホト市富泰熱力有限株式会社の体制、技術、財務、維持管理状況もおおむね良好であり、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

¹ 本事業では事業内容に大幅な変更（詳細は「3.1.4 事業計画やアプローチ等の適切さ」を参照）が生じ、2008年と2012年に再審査が行われた。本事後評価では、見直し後の事業内容を「計画」と位置づけ、実績との比較により評価を行った。



事業位置図



辛家営熱源 B 工場のボイラー
(フフト市城發投資經營有限責任公司)

1.1 事業の背景²

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、「SOx」という）、煤塵等による大気汚染が深刻になっていた。特に SOx は酸性雨を引き起こす原因物質でもあり、住民の健康や生態系に深刻な影響を及ぼしていた。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や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。

本事業の対象地域である内蒙古自治区は、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 96%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り、大気環境改善は喫緊の課題となっていた。特に冬期の大部分の住宅や公共施設では、地区暖房には老朽化した分散型の小型石炭ボイラーを使用していたが、同設備はエネルギー効率が低く、集塵装置や脱硫装置等も不備であることから大気汚染物質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。このような状況を踏まえ、内蒙古自治区政府は集中型熱供給を推進することで都市の大気環境を改善するとしていた。また、これを達成するために集中型熱供給の普及の向上、小型石炭ボイラーの新設の禁止、既設の小型石炭ボイラーの撤去を推進していた。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、SOx 等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

内蒙古自治区フフト市において、汚染負荷が低くエネルギー効率のよい集中型熱供給施設を整備することにより、小規模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と安定的な熱供給に寄与するものである。

² JICA 提供資料及び事前評価表に基づく。

円借款承諾額/実行額	第1期：7,400百万円/7,375百万円 第2期：6,300百万円/6,281百万円
交換公文締結/借款契約調印	第1期：2006年6月/2006年6月 第2期：2007年3月/2007年3月
借款契約条件 (第1期、第2期とも同条件)	金利 0.75% 返済 40年 (うち据置 10年) 調達条件 第1期・第2期：一般アンタイト
借入人/実施機関	中華人民共和国政府/ 内蒙古自治区人民政府(財政庁)
事業完成	2015年9月
本体契約	Shanghai Electric (Group) Corporation (中華人民共和国)、 China National Precision Machinery Import & Export Corp. (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	第1期：中国市政工程華北設計研究所 2004年11月実施、2006年6月承認/2008年事業スコープ変更：2007年11月実施、中国市政工程華北設計研究所 2007年11月実施、2006年1月承認。 第2期：中国市政工程華北設計研究所 2005年3月実施、2007年6月承認/2012年事業スコープ変更：2011年実施、中国市政工程華北設計研究所 2011年実施、2012年4月承認。
関連事業	円借款：「フフホト・包頭環境改善事業」(1996年12月)、「フフホト・包頭環境改善事業(2)」(1997年9月) その他ドナー：「内蒙古自治区再生可能エネルギー関連プロジェクト」(世界銀行、2006年～2011年)、「フフホト市低炭素地域熱供給プロジェクト」(アジア開発銀行、2013年～2016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：2017年8月～2018年11月

現地調査：2017年11月19日～11月29日、2018年6月10日～6月18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⁵

A) 開発計画

本事業審査時の国家開発計画は「第11次5カ年計画（2006年～2010年）」である。同計画では、環境保護の強化、自然生態系の保護・修復等を引き続き重点分野とし、2010年までに新たな環境汚染の発生抑制や環境保全重点指定地域・都市にかかる環境改善等の5つの主要目標を掲げている。特に大気環境については、主要汚染物質排出量を第10次5カ年計画実績値から10%削減することを目標に掲げ、それを達成するため、都市での石炭火力発電所の建設禁止やコージェネレーション設備や集中型熱供給の建設を促進するとしていた。事後評価時の国家開発計画は「第13次5カ年計画（2016年～2020年）」である。同計画では「ややゆとりのある社会」を達成すべく5つの目標を掲げており、中でも本事業に係る目標は「生態環境の質の総合的な改善」及び「国民生活の水準・質の普遍的向上」である。環境保全は持続的な発展及び国民の質の高い生活を目指す上で必要条件であるとし、資源の節約と環境保全に取り組むことを明示している。2020年までにGDP当たりのエネルギー消費量を15%削減することやGDP当たりの二酸化炭素排出量を18%削減する等の具体的な目標値を設定している。都市計画においては、環境との調和がとれた住みやすい都市建設を目標とし、集中熱供給等を含めた都市インフラ施設建設の強化を引き続き必要とし、同目標に向け、現代都市インフラシステムの構築を掲げている。審査時、事後評価時ともに本事業との整合性が高い。

審査時における内蒙古自治区の開発計画は「内蒙古自治区第11次5カ年計画（2006年～2010年）」であり、集中型熱供給を促進することで都市の大気環境を改善することを掲げている。事後評価時の内蒙古自治区の開発計画は「内蒙古自治区第13次5カ年計画（2016年～2020年）」である。同計画では自治区における熱供給の総合容量を高めることを目標とし、各市政府が同目標を達成するために熱供給インフラ施設の強化を進め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開発計画と合致している。

³ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

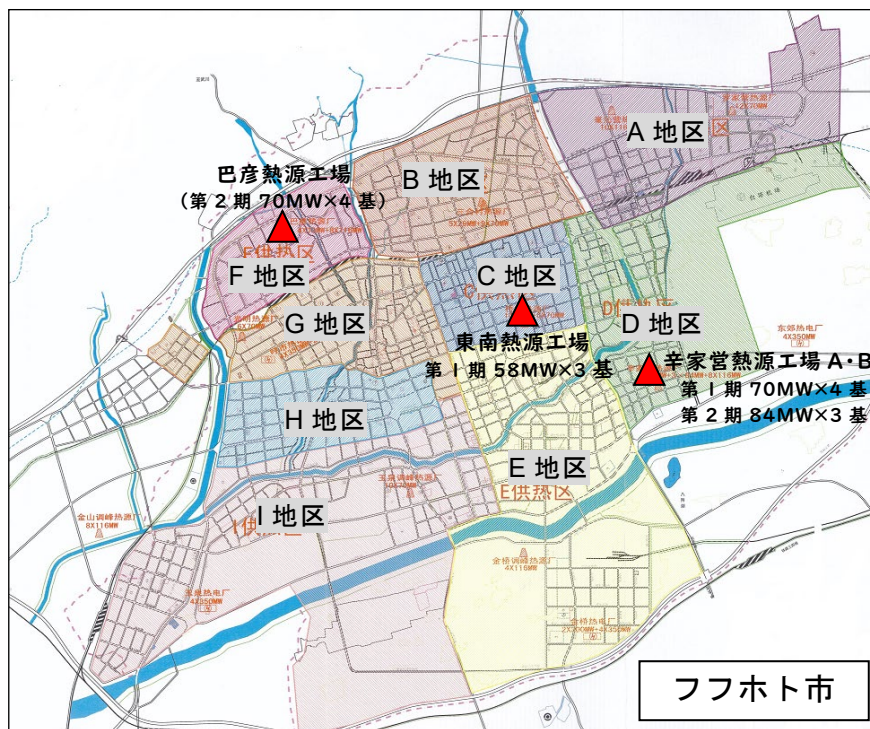
⁴ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁵ 審査時は審査資料、事業事前評価表に基づく。事後評価時は「第13次5カ年計画（2016年～2020年）」に基づく。

B) 環境保全に関する計画

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。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）」である。環境保護に関する主な目標を掲げており、その中でも本事業は「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。

審査時のフフホト市の環境保護計画は「フフホト市環境保護第11次5カ年計画（2006年～2010年）」である。同計画は集中熱供給施設の普及、小型石炭ボイラーの新設禁止、既設小型ボイラーの撤去を推進することで、SO₂の年間平均濃度を削減することを掲げている。事後評価時の環境保護計画は「フフホト市環境保護第13次5カ年計画（2016年～2020年）」である。同計画では「段階的に分散型熱利用から集中熱供給へ変換する」という原則に基づき、都市部の熱供給構造の調整を進めており、都市中心部のコージェネレーションを進め、小型石炭ボイラーから集中熱供給に完全に移行し、クリーンエネルギーを付け加えた熱供給モデルを構築することを掲げている。



出所：実施機関提供資料。

図1 フフホト市熱供給地区と本事業の配置図

環境保護計画に加えて、フフホト市では「フフホト市熱供給計画 2005 年～2020 年」が策定されている。同計画はフフホト市の熱供給にかかるマスタープランであり、同市を構成する合計 9 地区において 2020 年までに集中熱供給施設を整備することで達成すべき熱供給面積及び熱負荷の目標値を設定している。本事業は同マスタープランの 3 地区の施設整備として含まれている（図 1 参照）。

以上、本事業は審査時及び事後評価時の①中国と内蒙古自治区の 5 年計画、②中国とフフホト市の環境保護 5 年計画、③フフホト市の熱供給計画、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。本事業のサイトであるフフホト市の人口は 110 万人、面積は 2,100km²、熱供給能力 2,888MW の中堅都市であり、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 36 位と大気汚染改善は緊急を要する課題であった。本事業対象地区における冬期の暖房には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、集塵装置や脱硫装置も不備であったことから、これらが主な大気汚染源となっていた。その結果、同市における SO₂、NO₂、TSP は住居地において満たされるべき国家大気環境基準 2 級を満たしていなかった（表 1 参照）⁶。

表 1 審査時・事後評価時のフフホト市の大気汚染物質濃度
(単位：μg/m³)

審査時								
	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	
2004 年	27	182	44	80	353		763	
2005 年	53	170	40	144	92		644	
2006 年	56	380	49	187	100		1,713	
国家大気環境 基準 2 級 (1996 年) *	年平均	日平均	年平均	日平均	年平均		日平均	
	60 以下	150 以下	80 以下	120 以下	200 以下		300 以下	
事後評価時								
	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
2015 年	34	196	39	104	103	255	43	255
2016 年	28	119	42	94	95	318**	41	296
2017 年	29	141	45	91	99	278**	44	297
国家大気環境 基準 2 級 (2012 年) *	年平均	日平均	年平均	日平均	年平均	日平均	年平均	日平均
	60 以下	150 以下	40 以下	84 以下	70 以下	150 以下	35 以下	75 以下

⁶ JICA 提供資料に基づく。

出所：2004年～2006年のデータはJICA提供資料。2015年以降は実施機関提供資料。

斜体文字は国家大気環境基準2級を超えるもの。

*：事後評価時における国家大気環境基準は2012年に改定された基準（GB3095-2012）であり、審査時の基準（GB3095-1996）からNO₂の基準が厳しくなっている。また、TSPと変わって、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づけられた。

**：砂塵（黄砂）天気を除く。

事後評価時に入手可能であった最新情報（2016年）によれば、フフホト市の市街区は目覚ましい成長を遂げており、人口は309万人まで増加し、面積は12,911万km²まで拡大した。2017年時点、フフホト市には11カ所の熱供給工場が稼働しており、熱供給能力は11,157MWである（うち、本事業は986MW）。市全体における小型石炭ボイラーの数も大幅に減少し、集中熱供給普及率は83%まで伸びた。しかし、表1に示すとおり、住居地において満たされるべき国家大気環境基準2級は達成できておらず、全国74の国家環境保護重点大気汚染都市の中では、2017年3月時点ワースト42位と、引き続きフフホト市の大気環境改善に向けた開発ニーズは高い。

以上、審査時、事後評価時ともに集中熱供給普及率の改善と、これによる大気汚染改善にむけたニーズが存在している。

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、地球温暖化といった問題につい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、

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。

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。

3.1.4 事業計画やアプローチ等の適切さ

本事業は第1期、第2期ともにスコープの変更が生じた。第1期については、2008年当初、建材料等価格の上昇と円安により、円借款の限度額では第1期で計画していた東北熱源工場・熱供給配管・熱交換ステーションの建設が難しくなった。そこで、同熱源工場は自己資金で完成することとし、円借款では成長が著しかった東地区において、辛家営熱源 A 工場・熱供給配管・熱交換ステーションを建設することとなった（表2参照）。2008年にJICAが中間監理を実施した際に、東北熱源工場の一部がすでに国内資金で着工していることが明らかとなり、実施機関との協議を通じて、事業費、事業期間、事業効果の見直しが行われた（JICAによる承認は2008年1月23日）。第2期については、2012年に光明熱源工場がすでに中国側の自己資金にて実施・完成・稼働中であることが明らかとなった。他方で、フフホト市東部地区において行政・商業・金融センターの建設が全面的に実施され、これにより同地区の熱需要が急増したため、円借款では同地区の熱需要に対応するための辛家営熱源 B 工場・熱供給配管・熱交換ステーションを建設することとなった（JICAによる承認は2012年12月4日）。事業内容見直し後の計画と実績に大きな差は生じておらず、事業目的の達成につながるロジックも適切であった。なお、これらの変更は、審査時当初の外部要因の変化（物価上昇、円安、都市開発の加速化等）に起因するものであり妥当であったが、進捗状況報告書提出の徹底等の案件監理が行われなかったことから事業開始2年後、さらにその4年後にも変更が生じている点には留意が必要である。

以上より、本事業の実施は中国、内蒙古自治区、及びフフホト市の開発政策、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：③）

3.2.1 アウトプット

本事業は、前述のとおり、第1期は2008年に、第2期は2012年にそれぞれスコープが見直された。表2に示すとおり、施設整備・調達機器については、見直し後と実績に差はなく、計画どおり実施された。

表 2 アウトプット：施設整備・調達機器*

項目	内容		
	審査時（2006年・参考）	見直し後（2008年、2012年）	実績
1. 熱供給設備 （ボイラー）	【第1期】 a. 東南熱源工場：58MW×5基 b. 東北熱源工場：64MW×4基、29MW×1基 c. 金橋熱源工場（新市地区）：64MW×4基、20t/h×2基 d. 計画外	【第1期】 a. 58MW×3基 b. キャンセル c. キャンセル d. 辛家営熱源 A 工場：70MW×4基	計画どおり
	【第2期】 e. 巴彦熱源工場：70MW×4基 f. 光明熱源工場：70MW×4基 g. 計画外	【第2期】 e. 70MW×4基 f. 自己資金にて実施済み g. 辛家営熱源 B 工場：84MW×3基	計画どおり
2. 熱供給配管	【第1期】 a. 東南熱源工場：25.5km b. 東北熱源工場：17.9km c. 金橋熱源工場（新市地区）：17.4km d. 計画外	【第1期】 a. 19.8km b. キャンセル c. キャンセル d. 辛家営熱源 A 工場：18.5km	計画どおり
	【第2期】 e. 巴彦熱源工場：19.26km f. 光明熱源工場：18.25km g. 計画外	【第2期】 e. 23.30km f. 自己資金にて実施済み g. 辛家営熱源 B 工場：22.0km	計画どおり
3. 蒸気管	【第1期】 a. 金橋工場（新市地区）：1.9km	【第1期】 a. キャンセル	計画どおり
4. 熱交換ステーション	【第1期】 a. 東南熱源工場：39基 b. 東北熱源工場：37基 c. 金橋熱源工場（新市地区）：31基 d. 計画外 合計：107箇所	【第1期】 a. 29基 b. キャンセル c. キャンセル d. 辛家営熱源 A 工場：31基 合計：60基	計画どおり
	【第2期】 e. 巴彦熱源工場：27基 f. 光明熱源工場：27基 g. 計画外 合計：54基	【第2期】 e. 巴彦熱源工場：27基 f. 自己資金にて実施済み g. 辛家営熱源 B 工場：29基 合計 56基	計画どおり
5. その他	<ul style="list-style-type: none"> • 灰塵総合利用工場 • 自動コントロールセンター 	<ul style="list-style-type: none"> • キャンセル • 自動コントロールセンター 	計画どおり

出所：審査時、見直し時は JICA 提供資料。実績は実施機関提供資料。

*：熱源工場名は全て現在の名称。巴彦熱源工場（旧北熱源工場）、光明熱源工場（旧南熱源工場）、辛家営熱源 A 工場（旧金橋熱源工場・東地区）、辛家営熱源 B 工場（旧辛家営熱源工場）。

研修については、実施機関を対象とした灰塵総合利用を含む大気汚染対策にかか
る日本での研修が計画されていたが、中国において公務員の出国に関する規定が厳
しくなったことで中止となった⁹。

⁹ 事業実施部門のうち、フフホト市富泰熱力有限株式会社は 2018 年 3 月に 5 日間の本邦研修及び見学を行った。参加者は管理職 4 名、自己資金で実施。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費¹⁰

第1期の事業スコープ見直し後の総事業費の計画値と実績値を比較したところ、計画総事業費 9,664 百万円（外貨 7,872 百万円、内貨 1,792 百万円、円借款対象 7,400 百万円）に対し、実績総事業費は 9,060 百万円（外貨 7,368 百万円、内貨 1,692 百万円、円借款対象 7,368 百万円）、計画比 94%と計画内に収まった（表3参照）。

表3 事業費：第1期

（単位：百万円）

項目	計画値（見直し後 2008 年）			実績値			計画比
	外貨 （うち 円借款）	内貨	合計	外貨 （うち 円借款）	内貨	合計	
集中型熱供給資機材	6,325 (6,325)	0	6,325	7,368 (7,368)	0	7,368	116%
土木・据え付け	0	758	758	0	643	643	85%
税金	0	226	226	0	0	0	0
管理費等	0	303	303	0	194	194	64%
プライス・エスカレーション	431 (431)	0	431	0	0	0	0
物的予備費	955 (955)	38	993	0	0	0	0
研修費	25 (25)	0	25	0	0	0	0
建中金利	136 (0)	210	346	0	450	450	130%
用地取得費*	0	257	257	0	405	405	158%
合計	7,872 (7,400)	1,792	9,664	7,368 (7,368)	1,692	9,060	94%

出所：見直しは JICA 提供資料。実績は案件情報管理シート及び実施機関。

*：第1期の用地取得には第2期分も含まれる。

（注1）＜見直し後＞為替レート：1米ドル=112円、1米ドル=7.52元、1元=14.9円／プライス・エスカレーション率：外貨 2.4%、内貨 0.0%／予備費率：5.0%／コスト積算基準時期：2008年1月。（総事業費が減額となり、円借款対象部分も減額となったが、差額については予備費に計上した）。

＜実績＞為替レート：1元=13.3円（事後評価リファレンスに基づき、IMFの2008年から2012年までの年平均為替レートを用いた）。

（注2）四捨五入の関係で、合計が一致しない箇所がある。

第1期では、物価上昇により集中型熱供給資機材の調達費が審査時から16%増加し、中国国内の融資利息が審査時を上回ったことで建中金利も計画から30%増加した。用地取得費も地価上昇により計画から58%増加した。これらの事業費増加分は物的予備費で補填した。他方、管理費については実施機関及び事業実施部門による人件費削減等のコスト管理により計画比64%に抑えることで、事業費が計画内に収まった。

第2期では、事業スコープ見直し後の総事業費 5,256 百万円（外貨 2,868 百万

¹⁰ 参考情報：2006年審査時の事業費は次の通りであった。第1期：総事業費 13,700 百万円（外貨 7,931 百万円、内貨 5,769 百万円、円借款対象 7,400 百万円（外貨のみ）、第2期：総事業費 10,094 百万円（外貨 6,790 百万円、内貨 3,304 百万円、円借款対象 6,300 百万円（外貨のみ）（出所：いずれも JICA 提供資料）。

円、内貨 2,388 百万円、円借款対象 2,840 百万円) に対し、実績総事業費は 5,985 百万円 (外貨 2,814 百万円、内貨 3,171 百万円、円借款対象 2,814 百万円)、計画比 114%と計画を上回った (表 4 参照)。

表 4 事業費：第 2 期

(単位：百万円)

項目	計画 (見直し後 2012 年)			実績値			計画比
	外貨 (うち円借 款)	内貨	合計	外貨 (うち円借 款)	内貨	合計	
集中型熱供給資機材	2,637 (2,637)	0	2,637	2,814 (2,814)	0	2,814	107%
土木・据え付け	0	1,788	1,788	0	3,045	3,045	170%
研修費	19 (19)	0	19	0	0	0	0
プライス・ エスカレーション	50 (50)	158	208	0	0	0	0
物的予備費	135 (135)	97	233	0	0	0	0
建中金利	28 (0)	296	324	0	0	0	0
用地取得費	0	0	0	0	3	3	—
管理費等	0	49	49	0	123	123	251%
合計	2,868 (2,840)	2,338	5,256	2,814 (2,814)	3,171	5,985	114%

出所：計画は JICA 提供資料。実績は実施機関提供資料。

(注 1) <見直し後> 為替レート：1 米ドル=77.5 円、1 米ドル=6.97 元、1 元=12.2 円/プライス・エスカレーション率：外貨 1.64%、内貨 6.0%/コスト積算基準時期：2011 年 12 月。

<実績> 為替レート：1 元=17.4 円 (事後評価リファレンスに基づき、IMF の 2013 年から 2015 年までの年平均を用いた)。

(注 2) 四捨五入の関係で、合計が一致しない箇所がある。

第 2 期では物価上昇及び円安の影響もあり、土木・据え付け費が計画から 70% 増加し、人件費上昇のため管理費も計画比 251%となった。加えて、一部熱配管網の敷設に伴う予定外の土地収用が発生した。いずれも物的予備費で補填した。

以上、両期とも事業費が増加した理由は中国国内の物価や融資利息の上昇であった。第 1 期はコスト管理により計画内に収まったが、第 2 期は円安の影響等により計画を若干上回った。両期を合計した総事業費のサブ・レーティングを導きだすためには、偏りを避けるため、総事業費の実績に占める各期の事業費の割合を加味し、加重平均を用いた。その結果、総事業費は計画内に収まった¹¹。

¹¹ 総事業費における第 1 期の割合は 60%、第 2 期の割合は 40%であった。第 1 期のサブ・レーティングは③、第 2 期のサブ・レーティングは②であったため、総事業費に占める各期の事業費の割合を加味し、総合サブ・レーティング③を導きだした (③×60%+②×40%=2.6、四捨五入し③となる)。

3.2.2.2 事業期間¹²

第1期、第2期とも借款契約調印から事業スコープ見直し後の事業完了（補償期間の完了と定義）までの計画と実績期間を比較した。その結果、第1期の計画は借款契約調印2006年6月から事業完了2012年10月（77カ月、6年5カ月）となり、実績は計画どおりとなった。第2期の計画は、借款契約調印2007年3月から事業完了2015年9月（103カ月、8年11カ月）となり、実績は計画どおりであった。両期とも入札・計画に係る審査を加速化したことに加えて、建設工事期間の厳格な管理を行ったことによって事業期間を計画どおりに実施することが可能となった。

以上、第1期・第2期とも事業期間は計画比100%と、計画どおりであった。

3.2.3 内部収益率（参考数値）¹³

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、第1期5.38%、第2期6.56%であった。事後評価時については、入手可能な費用と便益の情報が第1期と第2期を併せたものであったため、両期を一つの事業として計算を行った。その結果、事後評価時のFIRRは9.32%と良好であった。

本事業の見直し後のアウトプットと実績に差異はなく、計画通りに実施された。事業費については、第1期は計画内に収まり、第2期は計画を若干上回った。両期を併せた総事業費のサブ・レーティングの計算においては、両期合計総事業費に占める各期の割合を加味した結果、事業費のサブ・レーティングは計画どおりとなった。事業期間については両期とも計画通りに実施された。以上より、本事業は事業費、事業期間ともに計画どおりであり効率性は高い。

3.3 有効性・インパクト¹⁴（レーティング：③）

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、「小規模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（④事業対象区域の小型石炭ボイラーの削減率、⑤事業対象区域の集中型熱供給普及率、⑥受益者数、⑦熱供給世帯数、⑧熱供給面積）を用いて評価を行った。指

¹² 参考情報として、2006年の審査時の事業完成の定義は「設備・据付工事の検収終了」。事業期間は次の通りであった。第1期：借款契約調印2006年6月～2011年1月末を予定（56カ月、4年8カ月）。第2期：借款契約調印2007年3月～2011年10月を予定（56カ月、4年8カ月）。

¹³ 審査時、FIRRは次の前提に基づき計算した。費用に関しては費用事業費、及び運営・維持管理費。便益に関しては料金収入、補助金。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、入手可能なデータでは第1期、第2期を分けることが困難であったため、両期を併せたFIRRの計算を行った。

¹⁴ 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。

標⑥～⑧については第1期と第2期の合計値のみ入手可能であったため、合計値に基づく評価を行った。

【主要指標】

第1期については、SO₂排出削減量以外の主要指標の目標達成度は100%以上である。SO₂排出削減量についても2014年（事業完成2年後）は90%以上達成している。第2期については、NO_x排出削減量以外の主要指標の目標達成度は100%以上である。NO_x排出削減量についても2017年（事業完成2年後）は90%以上達成している。両期とも「大気汚染負荷の緩和」に寄与していることが認められる（表5参照）。

表5 運用効果指標：主要指標

(A) 第1期

指標名	基準値 2007年	目標値 事業完成 2年後 ^注	実績値 括弧内は目標達成度				
			2013年 事業完成 1年後	2014年 事業完成 2年後	2015年 事業完成 3年後	2016年 事業完成 4年後	2017年 事業完成 5年後
① SO ₂ 排出削減量 (t/年)	0	3,100	2,505 (81%)	2,781 (90%)	3,359 (108%)	3,339 (108%)	3,233 (104%)
② NO _x 排出削減量 (t/年)	0	1,800	1,774 (97%)	1,930 (107%)	2,064 (115%)	2,062 (115%)	1,959 (109%)
③ TSP排出削減量 (t/年)	0	7,900	7,868 (99%)	8,599 (109%)	9,078 (115%)	9,070 (115%)	9,010 (114%)

(B) 第2期

指標名	基準値 2006年	目標値 事業完成 2年後 ^注	実績値（括弧内は目標達成度）		
			2015年 事業完成年	2016年 事業完成1年後	2017年 事業完成2年後
① SO ₂ 排出削減量 (t/年)	0	2,094	1,628	1,736	2,270 (108%)
② NO _x 排出削減量 (t/年)	0	2,243	1,784	1,852	2,101 (94%)
③ TSP排出削減量 (t/年)	0	5,713	4,320	4,769	6,627 (116%)

出所：基準値及び目標値はJICA提供資料、実績値は実施機関提供資料。

注：第1期・第2期とも審査当初の基準年は2005年、目標値は事業完成1年後と定義されていたが、第1期は2008年の事業スコープの変化により基準年は2007年、目標値は事業完成2年後に変更された。同様に第2期は2012年の事業スコープの変化により基準年は2007年に、目標値は事業完成2年後に変更された。

【補助指標】

第1期、第2期ともそれぞれの事業対象地域に存在していた小型石炭ボイラーの全てが取り除かれ、集中型熱供給普及率も100%を達成している。また、フフホト市の経済成長とともに受益者数、受益世帯数も年々増加傾向にあり、供給面積も増え、2017年には計画比126%を達成している（表6参照）。

表 6 運用効果指標：補助指標（第 1 期・第 2 期合計）

指標名	目標値 事業完成時	実績値（括弧内は目標達成度）				
		2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
④ 事業対象区域の 小型石炭ボイラーの削減率 (%)	100%	100%	100% (100%)	100%	100%	100%
⑤ 事業対象区域の 集中型熱供給普及率 (%)	100%	100%	100% (100%)	100%	100%	100%
⑥ 受益者数 (万人)	—	43	46	58	66	72 (上昇傾向)
⑦ 受益者世帯数 (万世帯)	—	14	15	20	23	23 (上昇傾向)
⑧ 供給面積 (万 m ²)	1,844	1,425	1,526	1,991	2,278	2,327 (126%)

出所：目標値は JICA 提供資料、実績値は実施機関提供資料。

以上、本事業のアウトカムであった「小規模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、第 1 期、第 2 期とも SO₂、NO_x、TSP の排出削減目標を達成した。加えて、対象地域における小型石炭ボイラーが全て取り除かれ、集中熱供給の普及率も 100% を達成した。受益者人数、世帯数、供給面積も毎年順調に増加しており、本事業による効果が認められる。

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「フフホト市住民の生活環境の改善と安定的な熱供給」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

本事業のインパクトは「フフホト市の生活環境の改善と安定的な熱供給に寄与する」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¹⁵。表 7 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

¹⁵ グループインタビューの概要は次のとおり。調査対象者は本事業の対象区域（3 区域）からそれぞれ 12 名（男性 8 名、女性 4 名）、10 名（男性 3 名、女性 7 名）、10 名（男性 6 名、女性 4 名）合計 32 名（男性 17 名、女性 15 名）を実施機関が招集。年齢は 20 代から 60 代と全ての年齢層を網羅した。事業前の居住形態と熱供給方法は、平屋に住み小型石炭ストーブを利用（19 名）、集合住宅で小型石炭ボイラー（13 名）。招集方法は実施機関が対象地域内の住民委員会や不動産管理会社に連絡し、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。実施日は 2017 年 11 月 22 日、23 日、24 日、合計 3 日間。

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、②については、煤や灰等の問題もなくなり、住環境が改善し、常に安定した温度が保たれていることから特に子どもや高齢者の健康面での不安が解消され、一酸化炭素中毒の危険性もなくなり「生活の質」が上がったことが確認できた。

表 7 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】	
<ul style="list-style-type: none"> • <u>事業の満足度</u>：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（30名）」、「ある程度満足（2名）」であった。後者の主な理由は「温度が若干不安定」「乾燥してホコリが舞う」であった。 • <u>熱供給サービス停止・顧客対応</u>：運営・維持管理の不備による熱供給サービスの停止はない。停電や断水等の計画的な熱供給サービスの停止のみ。事前に必ず連絡がある。建物内の配管の詰まりや破損等は、熱供給会社のホットラインや熱交換ステーションに連絡。2時間以内には対応している。総じて熱供給会社による設備の監理やサービスがとても良い。熱供給期間をその年の天候に合わせて臨機応変に変更してほしいという要望があった。 • <u>供給時間と料金設定</u>：事業開始から料金は 22.08 元/m²/年で変わらない。家庭の収入に占める燃料費の割合は増加しているが、収入も増えているため生活に影響はない。事業前の生活環境を考慮すれば適切な料金である。支払い方法も銀行、料金徴収所、携帯電話等選択範囲が広く便利。 	
【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】	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>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</u>： <ul style="list-style-type: none"> • 石炭を燃やす作業がなくなったため、その時間を寝る、家事、育児、仕事、娯楽、運動等の別の活動に利用できるようになった（石炭を砕いて燃やすまでの一連の作業は1回につき約30分を要し、温度を保つため、一日数回行っていた）。 • 住環境がよくなった。集中熱供給の場合、灰や煙が発生しないため室内が清潔になった。温度が安定したことで冷えによる健康問題（高齢者の冷え性や関節の痛み、高齢者と子どもの風邪等）が少なくなり、快適な生活が送れるようになった。これにより気持ちに余裕が出てきた。 • フフホト市の大気環境が改善した。事業前、冬期に利用していた小規模ボイラーの排出基準が低かったため、フフホト市は全体的に粉塵が多く、空気の質が非常に悪かった。事業後は一年を通じて大気環境が良くなった。 2. <u>大気汚染による疾患の発生に関する意見</u> <ul style="list-style-type: none"> • 20代～40代の住民は「もともと大きな問題はなかった」という回答が多かった。子供や高齢者については、事業前は頻繁に咳込み、痰や鼻水が黒く喉に違和感があった。事業後、これらの症状は大分緩和された。 • 平屋で小型石炭ストーブを使っていた住民は、就寝時ストーブを消すことを強いられており、一酸化炭素中毒のリスクが常にあったが、事業後、同リスクは完全に解消され、安全・安心な生活を送れるようになった。 	

出所：グループインタビュー結果を評価者がまとめたもの。

総じて、本事業の「フフホト市の生活環境の改善と安定的な熱供給への寄与」に関する肯定的な意見を聞くことができ、本事業の一定の効果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

本事業第1期の環境影響評価報告書 (Environmental Impact Assessment、以下「EIA」という) は2006年1月に内蒙古自治区環境保護局により承認されている。同EIAには、見直し後に本事業対象となった辛家営熱源B工場も含まれている。第2期については、2007年3月に見直し後のEIAが作成され、2012年4月に承認されている。施工時には排ガス・粉じん、廃棄物処理、濁水、騒音に関する対策が取られたことが記録や聞き取り調査から確認できた。なお、本事業では石炭燃焼による排ガスや粉じん、集塵や脱硫の対策として、第1期は120メートルの煙突、第2期は100メートルの煙突をそれぞれ設置している。汚染物質排出は中央政府の環境保護局及びフフホト市環境保護局によってリアルタイムでモニタリングされており、厳格な管理のもと国家大気汚染物質の排出基準が守られている。以上、施工時及び事後評価時における環境対策は適切に実施されており、環境への負のインパクトは認められない¹⁷。



東南熱源工場：集塵・脱硫対策用の煙突
(フフホト市城發投資經營有限責任公司)

② 住民移転・用地取得

第1期、2期とも事業開始前から事業建設予定地の使用权を有しており、用地取得及び住民移転を伴わない予定であった。実績は、辛家営熱源A・B工場の建設のため、合計754ヘクタールの土地使用权を取得する必要が生じた。対象となった土地は国が所有するものであり、実施機関が「都市不動産管理法」に基づく手続きを行い、フフホト市政府の審査を経て、費用を支払い、滞りなく土地使用权を取得した。この他に、熱交換ステーションを建設するために、フフホト市農業大学の養鶏所を同大学敷地内の別の場所に移動する必要も生じたが、大学に対して養鶏所の移転費が支払われ、授業や演習等への影響はなかった。「3.2.2.1 効率性：事業費」でも記載しているとおり、第2期に必要な用地は第1期で予め収用していたが、第2期では追加の配管を敷設する過程で、臨時的に土地使用权を取得する必要が生じた。この土地も荒地であり、住民移転は生じず、前述法律に基づく適切な手続が実施され、特段問題は生じていない。

¹⁶ 本事業では、第1期の大気汚染負荷緩和の定量的なインパクトとして、小規模汚染排出源の抑制による約15万トンの二酸化炭素排出削減効果が想定されていた。しかし、2012年に国家大気環境基準が改訂されて以降、二酸化炭素のモニタリングが行われていないことからデータを持ち合わせていないとの回答を実施機関から得たため、同インパクトについては本事後評価では対象外とした。

¹⁷ 審査時において両期の事業対象地域は、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、自然環境への望ましくない影響は最小限であると想定されていた。事後評価の現地視察の際、計画当初の想定が正しく、事後評価時も守られていることが確認できた。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負の影響は生じていないことを確認した。

③ その他正負のインパクト

事業内容が見直される前は、フフホト市の東南地域において 2008 年冬期に熱供給能力 58MW のボイラー1 台分程度の熱需要増加が見込まれていた。しかし、事業内容が変更になったことで熱供給開始が 1 年遅れ、2009 年冬期からとなった結果、本事業では 2008 年冬期の熱需要増加に対応できず、不足分を金橋新市地区の火力発電所から臨時的に熱を購入することで対応することとなった。実績としては、2008 年の熱需要量 78.8 万 m²については、計画どおり火力発電所から臨時的に 36.01 万ギガジュールを購入することで対応し、住民への影響はなかった。

本事業のアウトカムである「小規模汚染排出源の抑制による大気汚染負荷の緩和」については第 1 期、第 2 期とも主要指標である大気汚染物質排出削減量の目標を達成しており、対象地域の小規模ボイラーが全て撤去され、集中熱供給普及率も 100% を達成した。受益者人口、世帯数、熱供給面積も経年で増加しており、総じて有効性が高い。インパクトである「フフホト市の生活環境の改善と安定した熱供給に寄与する」についても、住民への聞き取り調査を通じて、小型石炭ストーブや小規模ボイラーから集中熱供給に移行したことで、生活環境の大幅な改善及び安定した熱供給が確保されていることが確認できた。用地取得は法律に基づき滞りなく実施され、住民移転も発生していない。事業施工時の環境対策とモニタリング、稼働開始後の環境モニタリングについても国家環境保護局による厳格な管理が行われており、環境への負のインパクトは認められない。

以上より、本事業の実施によりおおむね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、フフホト市城発投資経営有限責任公司及びフフホト市富泰熱力有限株式会社である¹⁸。事後評価時、前者はフフホト市の熱供給面積の約 30%を担っており、本事業については東南熱供給工場（第 1 期）と辛家営熱源工場 A（第 1 期）及び B（第 2 期）の運営・維持管理を担当している。同様に後者はフフホト市の熱供給面積の約 17%を担っており、本事業については巴彦熱源工場（第 2 期）の運営・維持管理を担当している。各実施部門の運営・維持管理体制に関する詳細は下記のとおり。

¹⁸ フフホト市城発投資経営有限責任公司是フフホト市が 100%出資している国有企業である。フフホト市富泰熱力有限株式会社も国有ではあるものの、事後評価時における株の所有は、フフホト市国有資産管理委員会 85%、従業員 12%、国有法人 3%である。なお、フフホト市国有資産管理委員会ではフフホト市城発投資経営有限責任会社が権限を持つ。

- フフホト市城発投資経営有限責任公司東南供給子会社：フフホト市城発投資経営有限責任公司の子会社4社のうちの1社。第1期の東南熱源工場及び、同工場の熱供給担当地区のパイプラインと熱交換ステーションの運営・維持管理を担当している。社長、副社長のもと、熱供給工場の電気、資機材、安全管理、水質検査、財務、パイプライン、熱交換ステーションを含む合計16の部門から成る。従業員合計791人。
- フフホト市城発投資経営有限責任公司辛家営供給子会社：フフホト市城発投資経営有限責任公司の子会社4社のうちの1社。第1期及び2期の辛家営熱源A・B工場の運営・維持管理、熱供給担当地区のパイプライン及び熱交換ステーションの運営・維持管理を担当している。社長、副社長のもと、熱供給工場の電気、資機材、安全管理、水質検査、パイプライン、熱交換ステーションを含む合計13の部門から成る。従業員合計330人。
- フフホト市富泰熱力有限株式会社巴彦子会社：フフホト市富泰熱力有限株式会社の傘下にある2社のうちの1社。第2期の巴彦熱源工場の運営・維持管理、担当地域のパイプライン及び熱交換ステーションの運営・維持管理を担当。社長、副社長のもと、熱供給工場の電気、資機材、安全管理、水質検査、財務、パイプライン、熱交換ステーションを含む合計11部門から成る。従業員合計160人。

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おり、本事業の持続性を確保するための十分な体制である。

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。



熱交換ステーション
(フフホト市富泰熱力有限株式会社)



料金徴収所職員を対象とした研修
(フフホト市城発投資経営有限責任公司)

職員の運営・維持管理の技術水準と研修制度については、特に国家資格が求められる職種の場合、いずれの事業実施部門も積極的に国家資格取得を進めるとともに厳

格な管理を行っており、十分な人材が確保されている（表 8 参照）。国家資格の対象となる職種は、ボイラー操作、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、配管作業員であり、現場での経験年数と筆記試験により、初級・中級・高級・専門技師の等級がある。これらの職種の場合、主に外部の研修機関で研修を実施しているが、外部の講師を招き社内でも専門的な研修を定期的に行っている。国家資格が必要ではない職種についても人材育成制度があり、いずれの事業実施部門も毎年、全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・実施している。研修は熱供給工場が稼働していない夏季に集中的に実施されており、職員全員が必ずなんらかの研修を受け、常に知識のアップデートが図られている¹⁹。加えて、現場では必ずベテラン技師と若手をチームとして組ませ、職場での技術やノウハウの継承が行われている。離職率も低く、離職した場合でも他の熱供給会社へ移動や転職することが多いため、知識も経験も熱供給セクター内で保たれている。

表 8 本事業の事業実施部門の運営・維持管理に係る国家資格保持者数

施設・設備	フフホト市城発投資経営有限責任公司		フフホト市富泰熱力 有限株式会社 巴彦子会社
	東南供給子会社	辛家宮供給子会社	
熱供給工場	98 人	38 人	21 人
熱供給配管・ 熱交換ステーション	49 人	38 人	23 人
粉塵総合利用工場	5 人	4 人	5 人
自動コントロールセンター	9 人	21 人	9 人

出所：実施機関提供資料。

運営・維持管理マニュアルの整備・活用状況については、現地視察の際のマニュアルや運行や維持管理記録の確認に加えて、熱供給工場・熱交換ステーションの運営・維持管理、及び熱供給配管の維持管理を担っているそれぞれのオペレーターへの聞き取りを通じ、これらが十分整備・活用されており、緊急対策マニュアルも整備されていることが確認できた。また、各施設にそれぞれの設備に関するマニュアルの重要な点の抜粋がポスターにまとめられ壁に設置されており、常に職員が確認できるような工夫も行われている。熱供給期間内には、毎月 1 回は各家庭を訪問し、設備の確認及び適切な温度が保たれているかを確認、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。

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

¹⁹ フフホト市城発投資経営有限責任公司が 2017 年に実施した研修例としては、「ボイラーオペレーターのための理論と実習」「水処理理論と実習」「集塵、脱硫理論、実習の研修」「外部ネットワーク運行理論、実習」「点検理論、実習の研修」「徴収督促人員研修」等が挙げられる。これらの研修だけでも運営・点検作業員や徴収員、徴収監督職員を含め、延べ 189 人が研修を受けた。

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²⁰。

3.4.3 運営・維持管理の財務

本事業では、審査時、運用・維持管理の費用は熱供給料金収入で賄われることが想定されていた。熱供給料金はユーザーの敷地面積をベースに計算され、毎年11月15日までに支払うことが義務づけられている。事後評価時の料金は住民22.08元/m²/年、公共施設30.18元/m²/年である²¹。フフホト市城発投資経営有限責任公司、及びフフホト市富泰熱力有限株式会社の両社とも2015年から2017年の過去3年間の料金徴収率は91%から95%程度と高いが、営業利益は赤字であり、熱供給の料金収入だけでは運営・維持管理費を賄っていない（表9参照）。実施機関によれば、中国国内の物価や人件費が上昇傾向にあることから、近い将来、料金改定を検討する予定がある。なお、中国政府の政策として民営化を進めてはいるが、熱供給等を含む基礎インフラに係る企業については、今後も国家・自治区・フフホト市の優遇政策（補助金、免税、借款等）の対象であることが法的に定められている²²。これにより、フフホト市城発投資経営有限責任公司については、政府補助金の投入により2015年から2017年の3年間の経常利益は黒字を保つことができている。他方、フフホト市富泰熱力有限株式会社については、政府補助金の投入に遅れが生じていることから赤字経営となっているが、同会社によれば前述法律が適用され、1年から2年の間には改善されるとのことであった。

表9 事業実施部門の損益計算書

（単位：百万元）

	フフホト市城発投資経営有限責任公司			フフホト市富泰熱力有限株式会社		
	2015年	2016年	2017年*	2015年	2016年	2017年*
売上高（料金収入）	711,9	774,8	826,7	344,3	382,1	414,1
運営・維持管理費含む 一般管理費・販売費等	845,6	896,2	947,1	402,2	446,4	473,5
営業利益	▲133,6	▲121,4	▲120,4	▲57,9	▲64,3	▲59,4
営業外収入	144,1	141,8	143,3	42,1	51,4	33,3
内政府補助金	143,7	141,8	140,3	NA	42,4	34,1
営業外費用	1,4	0,4	1,2	0,9	1,6	0,2
経常利益	9,0	20,1	21,7	▲16,7	▲14,9	▲26,3

出所：実施機関提供資料。

²⁰ 本事業では本邦研修が実施できなかったものの、中国国内での人材育成への取り組みが進んでおり、運営・維持管理に問題はない。

²¹ フフホト市の熱供給料金はフフホト市発展と改革委員会が改訂決定権を有している。事業実施部門からの申請に応じて、利用者の声を反映するための公聴会を開催する過程を経て、料金改定を行うことが定められている。料金の改定は2008年以降実施されていない。

²² 「フフホト市東エリア集中熱供給施設の市場化運営実施の伺い」（フフホト市発行国資字〔2006〕75号）フフホト市人民政府弁公庁2006年9月6日発行、「熱供給企業増値税、不動産税、都市土地使用税の優遇政策に関する通知」（財税〔2016〕94号）内蒙古自治区政府財政部国家税務総局2016年8月24日発行に基づく。

*：監査前の損益計算書に基づく。

以上、2社とも料金収入で運営・維持管理を賄うことができているため、料金改定が望ましいものの、今後も継続した政府からの各種補助を受けられることが確約されていることから財務的な持続性は確保されている。

3.4.4 運営・維持管理の状況

現地視察を通じ、本事業によって建設された施設、導入された設備の運営・維持管理状況は適切であることが確認できた。スペアパーツは中国国内にメーカーの代理店があり、納品の遅延等の問題も生じていない。一部施設の拡張や効率を上げるための工夫等も行っており、脱硫や集塵などの環境保全に必要な設備のアップグレードも実施されている²³。熱供給の全工程が各熱供給工場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いる。加えて、適切な熱供給サービスには欠かせない天候に関する詳細な情報もリアルタイムで気象局から提供され、これに基づきボイラーの負荷を決めている。また、中央政府及び市政府の環境保護局による大気汚染排出物の厳格な管理が実施されている。熱交換ステーションでは、各家庭に送られる水の温度が38度～41度に保たれるよう運営・維持管理されており、階数や暖房の種類によって、温度や圧力の調整も適切に行われている。日常メンテナンスは1日3回行われ、熱交換ステーション内の臭い、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し記録している。簡易な水質検査も行われている。以上、本事業によって建設された施設、導入された設備の適切な運営・維持管理が行われており、本事業の持続性が担保されている。



熱交換ステーションのメンテナンス
(フフホト市城發投資
経営有限責任公司)

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

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、中華人民共和国の内蒙古自治区フフホト市において、汚染負荷が低くエネルギー効率のよい集中型熱供給施設を整備することにより、小規模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と安定的な熱供給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、内蒙古自治区、フフホト市の開発計画、環境保護計画、熱供給計画、開発ニーズ、及び審査時の

²³ 事後評価時、デンマークの融資でさらに効率的な脱硫装置の導入を検討している。

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審査時から大幅な見直しが行われたが、見直し後のアウトプットは第1期、第2期とも計画どおり実施された。総事業費と事業期間も計画どおりであったため効率性は高い。事業の効果として期待されていた本事業のアウトカムは「小規模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「フフホト市の生活環境の改善と安定した熱供給」である。アウトカムについては、両期とも主要指標であるSO₂、NO₂、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。インパクトについては、事業対象地域において、小型石炭ストーブや小規模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。用地取得は適切に実施され、住民移転は発生していない。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・維持管理を担うフフホト市城発投資経営有限責任公司及びフフホト市富泰熱力有限株式会社の体制、技術、財務、維持管理状況もおおむね良好であり、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

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

現地事務所による適切な事業管理の実施（借款契約に記載されているプログレスレポート等の提出の徹底）

本事業は第1期、第2期ともに事業内容が大幅に見直された。事業直し後の事業内容は計画どおり実施され、事業効果も発現している。なお、本事業は実施機関や事業実施部門の円借款事業の経験が十分ではないこと等から、2006年の審査時から中間監理の実施が留意事項として記載されており、事業のモニタリングを含む監理が重要視されていた。しかし、事業内容の見直しが必要であることが明らかとなったのは事業開始2年目の2008年に中間監理を行った際であった。同中間監理によって円借款対象のスコープの一部がすでに国内資金によって着工していることが判明し、これを機に、事業目標と合致した事業スコープ及び資金・事業期間の見直し、運用・効果指標の目標値の再設定等を含めた事業の再審査が行われた。結果的に問題は生じていないが、本来であれば、実施機関は借款契約で合意した頻度で事業進捗報告書を提出し、JICA としても同報告

書提出の入手を徹底することが必要である。実施機関や事業実施部門に十分な円借款事業の経験がない場合、及び急激な経済成長や外部要因による国内の資金源の多様化が生じている場合、進捗状況報告書の提出等を徹底し、案件監理を通常よりも強化することにより、大幅な事業内容の変更を防ぐことが可能となる。

以上

主要計画/実績比較

項目	計画（見直し後）	実績
①アウトプット 【施設整備・調達機器】 1.熱供給設備（ボイラー） 2.熱供給配管 3.熱交換ステーション 4.その他 1.熱供給設備（ボイラー） 2.熱供給配管 3.熱交換ステーション 4.その他 【研修】	【第1期】 東南熱源工場： 58MW×3基 辛家営熱源工場 A：70MW×4基 東南熱源工場： 19.8km 辛家営熱源工場 A：18.5km 東南熱源工場： 29基 辛家営熱源工場 A：31基 自動コントロールセンター 【第2期】 巴彦熱源工場： 70MW×4基 辛家営熱源工場 B：84MW×3基 巴彦熱源工場： 23.3km 辛家営熱源工場 B：22.0km 巴彦熱源工場： 27基 辛家営熱源工場 B：29基 自動コントロールセンター 【第1期・第2期】 灰塵総合利用を含む大気汚染対策にかかる本邦研修	【第1期】 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 【第2期】 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 計画どおり 【第1期・第2期】 キャンセル
②期間	【第1期】 2006年6月～2012年10月 （77カ月、6年5カ月） 【第2期】 2007年3月～2015年9月 （103カ月、8年11カ月）	【第1期】 計画どおり 【第2期】 計画どおり
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	【第1期】 7,872百万円 1,792百万円 （120百万円） 9,664百万円 7,400百万円 1円＝14.9円 （2008年1月時点） 【第2期】 2,868百万円 2,388百万円 （196百万円） 5,256百万円 2,840百万円 1円＝12.2円 （2011年12月時点）	【第1期】 7,368百万円 1,692百万円 （127百万円） 9,060百万円 7,368百万円 1円＝13.3円 （2008年1月～2012年12月平均） 【第2期】 2,814百万円 3,171百万円 （182百万円） 5,985百万円 2,814百万円 1円＝17.4円 （2013年1月～2015年12月平均）
④貸付完了	【第1期】 2013年10月 / 【第2期】 2015年9月	