

中華人民共和国

北京市環境整備事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 青木 憲代

0. 要旨

本事業は、北京市電子城地区¹に天然ガスを利用した熱電併給設備²を導入することにより、小型石炭ボイラーを代替し、各種汚染物質の排出量削減を図り、大気汚染の改善に寄与することを目的としている。

本事業は、中国の大気汚染対策に関わる開発政策や日本の援助政策における重点分野と整合しており、開発ニーズも高いことから、事業の妥当性は高い。大気汚染物質削減などの主要な効果指標をほぼ達成しており、本評価調査で行った受益者調査でも、本事業による電子城地区の大気汚染の改善に寄与していることが確認されたことから、事業の有効性は高い。事業期間は計画より時間を要したが、事業費は計画内に収まっており、効率性は中程度である。運営・維持管理の体制・技術・財務・状況は良好であり、事業の持続性は高いといえる。

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



ガスタービン（防音用建屋内に格納）

1.1 事業の背景

中国は急速な経済成長を遂げる反面、工業化と人口増加によって1980年代以降環境汚染が進んだ。このため中国政府は特に90年代後半に、環境保護政策を強化し一定の成果を上げたものの、汚染状況は依然深刻なレベルにある。大気については、主たるエネルギー源である石炭の燃焼による二酸化硫黄 (Sulfur Dioxide : SO₂)、総浮遊粒子物質 (Total

¹ 北京市北東部に位置し、高度技術の産業を集積するために重点科学技術投資促進地区として開発された。事後評価時の敷地面積は 1,278 万 m² にのぼる。事後評価時には、中国の電子企業約 200 社、外資系大手 IT 関連企業 29 社が進出し、電子科学研究所や電子関係の専門教育機関が所在している。

² 熱電併給 (コージェネレーション) とは、ガスタービンを用いて電気と熱の 2 種類のエネルギーを同時に得るエネルギー効率の高いシステム。

Suspended Particular : TSP)³、窒素酸化物（Nitrogen Oxide : NOx）などの汚染が深刻であった。

計画時には、北京市の大気汚染は、中国政府が定めた国家大気環境 2 級基準値⁴を超えており、本対象事業地域では、北京市が市街区内の石炭ボイラー廃止を義務付けたこと⁵への対応が迫られていた。

表1 計画時北京市大気汚染状況 (単位:mg/m³)

指標名	1997	1998	1999	2000	国家 2 級基準
SO ₂ 排出量	0.099	0.152	0.140	n.a.	0.05
NOx 排出量	0.040	0.120	0.080	0.071	0.06

出所：審査時資料。

特に電子城地区周辺では、暖房に用いられる石炭ボイラーから多量の煤じんなどの大気汚染物質が排出されており、周辺住民の生活に影響を及ぼしていた。

1.2 事業概要

北京市電子城地区に天然ガスを利用した熱電併給設備を導入することにより、小型石炭ボイラーを代替し、各種汚染物質の排出量削減を図り、大気汚染の改善に寄与する。



図1 プロジェクトサイト⁶

³ 総浮遊粒子物質とは、大気中に浮遊する煤じんなどの直径 100 ミクロン以下の粒子状物質である。煤じんが燃焼により排出されるのに対して、粉じんは一般的に物の粉碎や選別などで生じる。

⁴ SO₂ と NO₂ については、1996 年制定の国家環境大気質基準と同じ。2012 年 2 月に改訂され環境基準は、1996 年の大気質基準の PM10 の年平均値 100 μg/m³ を 70 μg/m³ に引き上げ、PM2.5 の指標を新たに設定したもの。

⁵ 北京市大気汚染抑制措置の通告（2001 年 3 月）。

⁶ 電子城地区がある北京市朝陽区には、外国公館、外国投資企業、北京首都空港などが多く所在し

円借款承諾額／実行額	8,963 百万円／8,961 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 3 月 29 日／ 2002 年 3 月 29 日
借款契約条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金利: 0.75% ・ 返済: 40 年 (うち据置 10 年) ・ 調達条件 一般アンタイト (本体分) 二国間タイト (コンサルタント)
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／北京市人民政府
貸付完了	2010 年 7 月 26 日
本体契約	China Electric Power Technology Import and Export Corp (中華人民共和国) /川崎重工業 (日本) JV
コンサルタント契約	東電設計
関連調査	F/S 調査、華北電力设计院工程有限公司 (North China Power Engineering Co., Ltd.)、 2001 年 4 月
関連事業	特になし。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

青木 憲代 (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～2014 年 1 月

現地調査：2013 年 2 月 24 日～4 月 4 日、2013 年 5 月 28 日～6 月 8 日

2.3 評価の制約

特になし。

3. 評価結果 (レーティング：A⁷)

3.1 妥当性 (レーティング：③⁸)

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 審査時の開発政策

中国政府は、第 10 次 5 カ年国家計画 (2001～2005 年) において、最重要課題として大気汚染源対策と都市環境改善を挙げ、主要汚染物質の排出総量率を 2000 年比で 10%削減する目標を立てていた。第 10 次 5 カ年環境保護計画 (2001～2005 年)

ている。

⁷ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

⁸ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

においては、具体的な数値目標として特に SO₂ 排出量については、20%削減といった個別の目標を掲げた。北京市政府は、第 10 次北京市 5 年計画（2001～2005 年）で、原炭の使用制限や天然ガスの使用拡大を通じてエネルギー消費構造を調整し、排出ガスを削減する方針を打ち出した。具体的な施策として、市街区内の石炭ボイラーの廃止令の交付や、天然ガス熱電併給事業の導入を含む地域熱供給システムの改善などを推進していた。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

事後評価時の中国政府は、第 12 次 5 年國家計画（2011～2015 年）において大気汚染対策の取り組みを一層強化する方針を示し、2010 年比で主要汚染物質の排出総量を 8-10%削減することを目標に掲げ、特に SO₂ と NO_x については、それぞれ 8%、10%の削減を目指している。第 12 次 5 年環境保護計画（2011～2015 年）では、2015 年までに主な汚染物質の排出量を大幅に削減するとし、電力業界における汚染物質の排出削減を継続して推進するとしている。第 12 次北京市 5 年計画（2011～2015 年）は、発電所事業における低 NO_x 燃焼技術や排煙脱硝技術を採用し、汚染物質排出抑制を先進国レベルにするとしている。2015 年までに北京市内の五環路内⁹の無石炭化（石炭ボイラーを使用しない地域にする）を実現するとしている。

以上のことから本事業は、国家、北京市レベルの開発計画の中でも重点分野とされる大気汚染の改善を目的としたものであり、審査時、事後評価時ともに開発政策との整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

北京市政府が 40 年前に設立した電子城地区は、経済発展の中で外資系企業の進出が急増していたが、環境基盤の整備が遅れており、石炭を燃料とする熱供給事業を行っていた。設備は燃焼効率が悪く、煤じん除去設備の能力も低い小型石炭ボイラーを使用しており、電子城周辺の大気汚染をもたらしていた。北京市政府の通告に基づいて市街区内の石炭ボイラーの早期廃止を迫られていた。

本事業は、北京市で初めての本格的な天然ガスによる熱電併給事業であり、今後の同種の事業の普及のために、汚染物質排出削減と省エネルギーの観点からモデル事業として位置づけられ、実施が求められていた。

事後評価時にも、電子城地区は企業の進出が続き、朝陽区の工業総生産量（2010 年）の 23.9%を占め、高度技術産業が多いため、工業総生産量は年 11.1%で増加している¹⁰。電子城地区の人口増加率は年 2.2%と高い成長を続けており¹¹、同地区

⁹ 北京市中心部から 10km ほど外周を通る環状道路である。電子城地区は、五環路内に位置する。

¹⁰ 2011 年朝陽区国民経済和社会發展統計広報。

¹¹ 2011 年朝陽区国民経済和社会發展統計広報。

の至便性から、今後も引き続き不動産開発、企業進出が続き、本事業へのニーズもさらに高まるものと見込まれる¹²。

導入された熱電併給設備は、当時中国国内ではまだ広く用いられていなかった乾式ガスタービン燃焼器など比較的進んだ環境保護技術を採用したため、事後評価時の北京市の熱電併給設備 NOx 排出基準に対する要求を満たしている。北京市は 2014 年にガスタービンの NOx 排出基準を 15ppm 以下へと引き上げることになっているが、本事業は乾式低 NOx 技術を採用しているため、2014 年に求められる排出基準にも適合している。

本事業の計画は、これらのニーズに応えるためのものであり、本事業実施のニーズが確認された。

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）は、海外経済協力業務実施方針において、環境改善事業を対中国円借款の重点 3 分野の 1 つとしていた。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だった。日本政府の対中経済協力計画（2001 年）では、環境問題など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。これらいずれの援助政策においても、公益的な事業については、石炭から天然ガスへの転換などのクリーンエネルギー導入による環境対策の支援を強化するとしていた。

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。

3.2 有効性¹³（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用指標

本事業の目的は、天然ガスを利用した熱電併給設備を導入することにより、小型石炭ボイラーを廃止し、大気汚染物質の排出削減を図ることを目的としているため、運用指標として年間発電量、年間熱供給量、効果指標としては石炭ボイラー削減台数、石炭使用量の削減、汚染物質削減量をもとに有効性を判断した。

表 2 に示すように、本事業の年間発電量は計画どおりである。発電量は、電気需要で決定されるのではなく、売電先との契約の売電量が実績発電量となっている。

年間熱供給量は、目標値が最大容量 314.7 万 GJ と中長期的に設定されており¹⁴、達成年度は明記されていないが、2011 年の実績値は、計画最大容量の 39%となっ

¹² 電子城区酒仙橋社区委員会への聞き取り結果。

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 2002 年 F/S 資料。

ている。北京正東電子動力集団有限公司によれば、この容量を満たすのは、需要が拡大する 2020 年以降となる見込みである。現時点の熱供給実績については、計画時に明確な目標が設定されておらず、厳密な検証は困難だが、熱供給面積はすでに計画値の約 6 割に達しており、事業実施直後の実績値としては順調な伸びと評価できる。

その他、熱供給については、実施期間中に、省エネルギー設計の低廉化が進み、住宅は二重窓になり、壁や床には断熱材が使われるようになり、需要に影響するようになった。2006 年から進む計画だった旧国有工場勤務者向け団地の新規建て替え事業が、地価高騰により遅延したため、2015 年以降、これらの建て替え事業による供給が開始される予定である。3.1.2 で述べたとおり、電子城地区に企業進出が続く現状を考慮すると、将来的な需要の伸びも安定して見込めることから、今後の拡大についても高い可能性が見込める。

表 2 本事業の運用指標

指標名	事業実施前 (小型ボイラーによるもの)	目標値 (事業実施後) 年度特定せず	実績値 (2010 年)	実績値 (2011 年)
年間発電量	該当せず	571GWh	571GWh	571GWh
年間熱供給量	整合性のあるデータ得られず	3,147,100GJ ^{注 1)}	790,000GJ ^{注 2)}	1,230,000GJ
年間熱供給面積	300 万 m ²	515 万 m ² ^{注 1)}	188 万 m ² ^{注 2)}	304 万 m ²

出所：北京正東電子動力集団有限公司質問票回答、2002 年 F/S 資料。

注 1) 審査時には事業実施後に最大容量が目標値と設定され、この最大値で 515 万 m²の熱供給面積が可能とされた。1 平米面積あたりの熱供給量は、314.7 万 GJ/515 万 m²=0.61GJ/m²と算出されている。

注 2) 省エネルギー化が進んで、1 平米面積あたりの熱供給量は、2010 年 79 万 GJ/188 万 m²=0.42GJ/m²、2011 年 123 万 GJ/304 万 m²=0.40GJ/m²となっている。面積あたりの熱供給量は省エネ効果が進んでいることがわかる。

3.2.1.2 効果指標

事業開始前に電子城地区には、小型石炭ボイラーが合計 128 台使用されていたが、事業によって非効率な石炭小型ボイラーの廃止が進み、目標削減の 102 台を超えて 119 台が削減された。新規建て替え予定の旧国有工場勤務者向け団地の石炭ボイラー 6 台、その他建て替えられない古い病院などの事業の 3 台が目標年の運転開始後 1 年目 (2011 年) に使われており、事後評価時 (2013 年 5 月) にも使用されていたが、他の電子城地区の石炭ボイラー廃止も順調に進み、石炭使用量は年間 35.6 万トン削減、さらに汚染物質削減量は、以下のとおりであり、いずれも目標とした数値を超える実績を得ている。

表 3 本事業の効果指標

指標名	汚染物質排出量・石炭使用量			汚染物質削減量		計画比/ 目標 ④/⑤
	基準値① (2000年)	目標値② (運転開始 後1年目)	実績値③ (2011年)	目標削減量 (2011年) ①-②=④	実績削減量 (2011年) ①-③=⑤	
小型石炭ボイラー台数	128台	26台	9台	102台減少	119台減少	117%
年間石炭使用量 ^{注)}	40万トン/年	10万トン/年	4.4万トン/年	30万トン/年	35.6万トン/年	118%
年間煤塵排出量 ^{注)}	2,200トン/年	526トン/年	57トン/年	1,674トン/年	2,143トン/年	128%
年間SO ₂ 排出量 ^{注)}	2,160トン/年	439トン/年	121トン/年	1,724トン/年	2,039トン/年	118%
年間NO _x 排出量 ^{注)}	1,614トン/年	600トン/年	152トン/年	1,014トン/年	1,462トン/年	144%

出所：北京正東電子動力集団有限公司の質問票回答。

注) 北京正東電子動力集団有限公司提供の汚染物質削減量と石炭使用量は、ボイラー削減台数から計算したものであり、モニタリング等により得た数値ではない。

注) 本表は石炭使用量削減により得た削減量であるが、この他、熱電併給設備によりNO_xが年間75トン排出されている。

3.2.2 定性的効果

3.2.2.1 電子城地区の大気汚染軽減効果

電子城地区の小学校教員への聞き取りでは、小型ボイラーを廃止し、熱交換ステーションに換えてから、小学校内や近郊の煤塵が減り、空気がきれいになったと回答があった。また以前は、冬季には石炭の集積場に搬入トラックが出入りしていたが、その集積場は廃止され、子どもたちの安全な遊び場となるなど、生活環境における改善効果も認められた。



図2 廃止された小型石炭ボイラー



図3 電子城地区学校教員への聞き取り調査

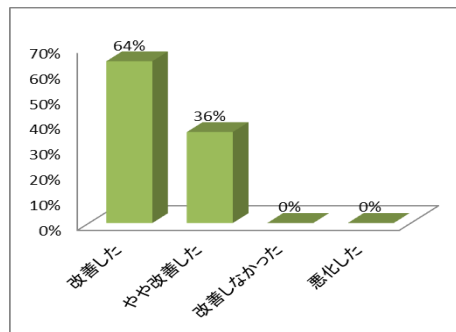
本事業による効果を把握するために受益者調査を実施した¹⁵⁾。

電子城地区で石炭ボイラーの大気汚染軽減による具体的な効果は、目やのどなどの痛みが軽減したと回答したものが44%、やや軽減した52%、軽減しなかった4%、悪化した0%だった。軽減しなかった理由として、他の自動車や他地域の汚染源からの大気汚染が改善されていないためとの回答だった。

冬季のボイラー燃焼の煤じんのため屋外に洗濯物を干せない状況については、改善した36%、やや改善した54%、改善しなかった3%、悪化した0%だった。冬季

¹⁵⁾受益者調査は地域住民50人を抽出し、サンプリングは電子城地区でかつて石炭ボイラーが稼働していた周辺地域において事業前から居住する人を対象とした(2013年2月末実施)。

のボイラー燃焼の媒じんのため窓が開閉できない状況については、改善した46%、やや改善した44%、改善しなかった8%、わからない2%だった。受益者調査において、石炭ボイラーによる電子城地区の媒じん排出が本事業で減少し、生活環境の改善がもたらされたことが確認された。



出所:受益者調査結果。

図4 「電子城周辺、特に石炭ボイラー周辺の大気汚染が改善した」と回答した者

3.2.2.2 低環境負荷のインフラ整備への貢献度

本事業は、天然ガス熱電併給モデル事業として、進んだ排出削減技術とエネルギー効率技術を採用した。多くの設計院と建設事業者が今後の同様の事業の採用を検討し、本事業の北京正東電子動力集団有限公司を訪問した。北京市の政策支援もあり、2014年までに4つの熱電併給センターが市内で建設されることになるなど、類似事業のモデルとしての適用可能性が確認された。



図5 熱電供給事業に関心を持つ設計院関係者の訪問(北京正東電子動力集団有限公司提供写真)

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 北京市大気汚染状況

北京市の大気汚染物質質量は年々削減が続いており、SO₂排出量削減は2004年、NO_x排出量については、2006年に国家2級基準を達成した。一方で、経済・都市の発展に伴う人口の増加や自動車保有台数の急増など、汚染物質の増加要素が急激に増えたことで、全体的な大気汚染状況については、大きな改善は見られていない。人口は、2000年1,364万人¹⁶から2011年2,019万人に増加し、自動車保有台数は、2008年350万台¹⁷から2012年520万台となり、大気汚染は、削減効果と同時にこれらの状況から対策効果が相殺される形となっている。

¹⁶ 北京市統計情報。

¹⁷ 中国自動車工業協会調査、定義は登録台数。

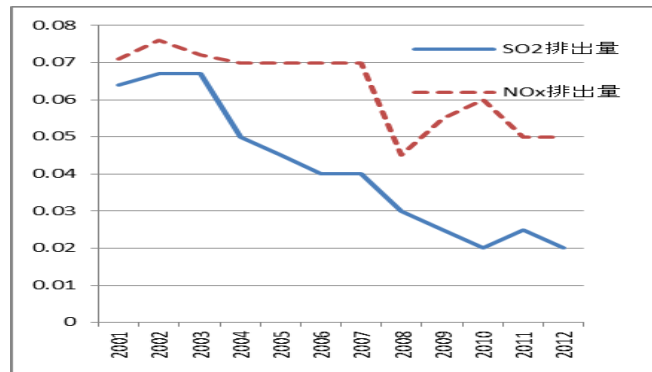
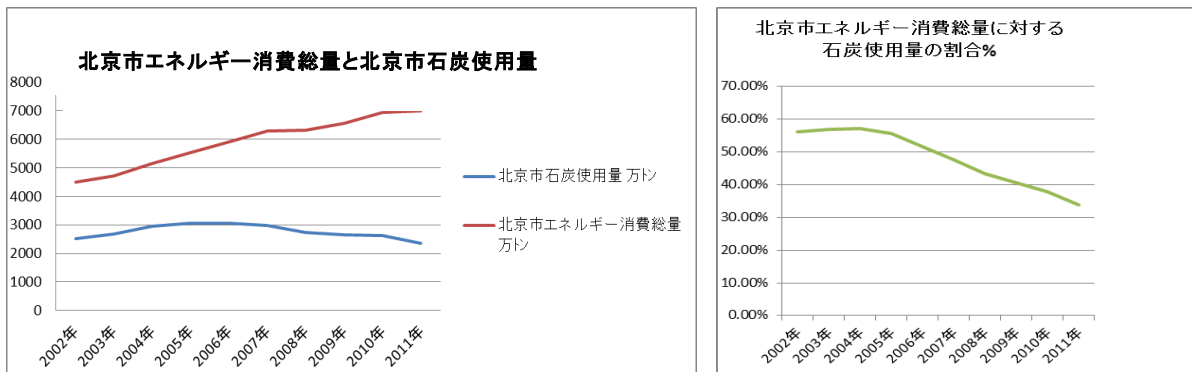


図6 北京市大気汚染状況

表 4 北京市大気汚染対策国家基準 (単位: mg/m³)

	審査時	事後評価時	事後評価時実績
基準名	国家 2 級基準	国家 2 級基準	2012 年
SO ₂ 排出量	0.05	0.05	0.02
NO _x 排出量	0.06	0.06	0.05

出所: 北京市環境保護局。



出所: 北京統計年鑑、環境保護局データ。

図 7 北京市石炭使用量とエネルギー消費総量

北京市のエネルギー消費総量に占める石炭使用量の比率は縮小している。北京市と電子城地区の石炭消費量の変化を比較した場合、北京市石炭使用量に占める電子城地区の石炭使用量は、2000年の1.6%から2011年には0.19%まで減少した。北京市全体の石炭消費量の伸びが2000年代後半以降横ばいから下降する中で、電子城地区の石炭使用量のシェアは減少しており、この地区の石炭使用量の削減が、市全体を上回るペースで進められたことが確認できた。電子城地区の石炭使用量が全体に占める割合は小さいものの、北京市の大気汚染対策の中で、一定の貢献をしているものと認められる。また、電子城地区の住民の意見などからも、本事業が地区の生活環境の改善といった効果につながっていることが確認されており、本事業の効果を認めることができる。以上から、本事業による大気汚染改善という事業目的は、概ね

達成されたと評価できる。

3.3.1.2 内部収益率

本事業の財務的内部収益率（FIRR）は、計画時に採用された以下の前提条件に基づき、北京正東電子動力集団有限公司から提出された情報をもとに再計算を行った。結果は6.8%となった。

前提条件	計画 (2001年)	実績 (2011年)
プロジェクトライフ：25年 便益：熱供給料金収入、電気販売収入等の販売収入 費用：固定資産投資、運営資金、ビジネスコスト（天然ガス・水道代等）、販売税、付加価値税、財務コスト	FIRR：7.4%	FIRR：6.8%

出所：審査時資料、事後評価時の算出資料。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 環境モニタリングへの対応

計画時の環境影響評価（Environmental Impact Assessment: EIA）への実際の対応を以下の表に示す。

表5 EIA への対応

計画時の課題	実際の対応
1) 工事中の騒音・防じん低減措置	<ul style="list-style-type: none"> 粉じん汚染に対し、工事中は防じんシートで覆い、水まきなどの対策をとり、強風の日には工事をやめた。 騒音に対し、工事時間帯は昼間の休息時間と夜間の就眠時間を避けた。
2) 既存石炭ボイラーの廃止	<ul style="list-style-type: none"> 撤去した後、リサイクルできるものは再利用し、指定処分場で廃棄物は埋め立て処分をした。
3) 低NO _x 型バーナーの採用	<ul style="list-style-type: none"> ガス焼きボイラー、排熱回収ボイラーはいずれも低NO_x型バーナーを取り付けた。
4) 水の再利用と排出基準の順守	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水は全部循環水を利用した。排出する水の処理過程では、塩酸と化成ソーダを使用し、水を中和し、排出基準を順守するようにしている。
5) 運転中の騒音対策	<ul style="list-style-type: none"> ガスコンプレッサーの換気口に吸気消音器を設置し、冷却器に防音壁を付け、ユニットの騒音には内部吸音材を付け、周辺に配慮して防音措置を取った。

事業完成後、北京市環境保護局により、排気物質、排水、騒音などのモニタリングが行われた。その結果によれば、騒音が国の基準を超えていたため、北京市は実施企

業である北京正東電子動力集団有限公司に是正をもとめた。これを受け、集団側はガスコンプレッサーの換気口に吸気消音器を設置し、冷却器に防音壁を付け、ユニットの騒音には内部吸音材を付け、周辺に配慮して防音措置を取った。その結果、事後評価時では国の騒音基準を満たすようになった。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

本事業の用地取得は、計画時には取得済みであるとされたが、フィージビリティ調査 (F/S) 時の送電ルートを変更する必要が生じ、新規ルートに送電塔の敷設用地 (33基×20m²) が必要となった。用地取得には、農地、倉庫用地の使用権の取得を必要とした。交渉時は、北京市の土地高騰の時期と重なり、調整に時間を要した。最終的に北京正東電子集団と関係者の話し合いにより合意した。用地取得に関わる係争はなく、住民移転も発生しなかった¹⁸。

以上より、運用効果指標を概ね計画どおり達成しており、電子城地区の小型石炭ボイラー数減少による大気汚染物質が削減されたことにより、それに伴う生活環境の改善等のインパクトも認められることから、本事業の実施により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

本事業において、円借款から提供されたアウトプット (計画と実績) と中国側により整備・提供されたアウトプット (計画と実績) を表 6 に示す。

表 6 アウトプット (計画と実績)

項目	計画	実績
	(a) ガスコンバインドサイクル ¹⁹ ・ガスタービン：発電出力 40MW×2 セット ・排熱回収ボイラー： 蒸気量 100 トン/時×2 セット ・スチームタービン： 発電出力 49MW×1 セット	変更なし
	(b) ガス焼きボイラー： 熱出力 58MW×4 セット	変更なし
	(c) ガスパイプライン (幹線パイプラインからの引き込み用)：約 9km	変更なし
	(d) 熱供給導管 (熱水管、蒸気管)、熱交換ステーション	変更なし

¹⁸北京正東電子動力集団有限公司からの情報。

¹⁹ ガスコンバインドサイクルとは、天然ガスを燃焼させてガスタービンエンジンを回し、次にその排気ガスの熱を回収しスチームタービンを回し、両者を合わせて、すなわちコンバインドして高い発電効率を得る発電設備のこと。

項目	計画	実績
	ン: (内貨で実施) 熱水配管:10 キロ 蒸気配管:5 キロ	

出所：北京正東電子動力集団有限公司の質問票回答。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業の総事業費は 11,690 百万円、うち外貨 8,961 百万円、内貨 2,729 百万円で、うち、円借款としての支出額は外貨分の全額である 8,961 百万円である。計画時の総事業費は 11,535 百万円で、総事業費の実績は計画比 101% とほぼ計画通りの支出となった

アウトプットの増減はないものの、内貨の事業費が計画値より若干高くなったのは、事業遅延による利子支払い、人件費の高騰、工事延長期間の未稼働施設の維持管理費などに支出されたためである。

3.4.2.2 事業期間

本事業の事業期間²⁰は、計画では、2002 年 3 月～2007 年 12 月（5 年 6 カ月で 66 カ月）であるが、実績では、2002 年 3 月～2009 年 4 月（7 年 1 カ月で 85 カ月）。計画と実績の比較をすれば、全体の事業期間は 128% の増加である。遅延の理由は、外線接続の工事のための用地取得手続きに時間を要したためである。

表 7 事業期間の計画と実績比較

	期間(計画)	期間(実績)
入札準備	24 カ月	14 カ月
設計	12 カ月	10 カ月
設備調達	36 カ月	26 カ月
土木工事	33 カ月	46 カ月
設備据付	27 カ月	28 カ月
試運転・引き渡し	12 カ月	4 カ月
コンサルティング・サービス	60 カ月	76 カ月

出所:北京正東電子動力集団有限公司。

コンサルティング・サービスが計画より延長したのは、外線電気系統への接続工事のため用地取得に時間を要した影響によるためである。全体事業の期間は増えているものの、入札や調達や試運転は、計画より短期間で終えている。北京正東電子集団有限公司にとって初めての熱電併給事業であったが、担当責任者らの事業に対する高い責任意識や事業への効率的な取り組みのため、入札や調達の際には、担当責任者らは、終夜、休日を問わず準備を進めた。試運転は一回で成功し、稼働が可

²⁰ 完了を試運転開始時と定義した（審査時資料、北京正東電子動力集団有限公司による情報）。

能となった。

以上より、本事業の事業費はほぼ計画内に収まり、事業期間は計画より時間を要したため、効率性は中程度である。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

3.5.1.1 実施・監督機関

計画時と比較して組織の変更はない。実施機関は、北京市政府であるが、具体的事業実施者は、北京正東電子動力集団有限公司である。計画時と同様、北京市の持ち株会社である北京電子控股有限責任会社が100%出資している国有企業で、北京市の政策により今後も民営化の予定はない。北京市が監督機関として環境アセスメント、財務監査などを行っている。

3.5.1.2 運営・維持管理機関

北京正東電子動力集団有限公司が運営・維持管理機関である。同公司による本事業のための運営・維持管理体制は、工場長1人、運営管理部担当副工場長1人、点検修理部担当副工場長1人、技術部担当副工場長1人のもとに、輪番制の現場担当4チームから成り、経営管理上必要な人員を適宜配置している。これらの担当者の施設に対する財産管理意識は高く、この意識が、絶え間ない技術向上への意欲、維持管理の業務の徹底に結び付いている。

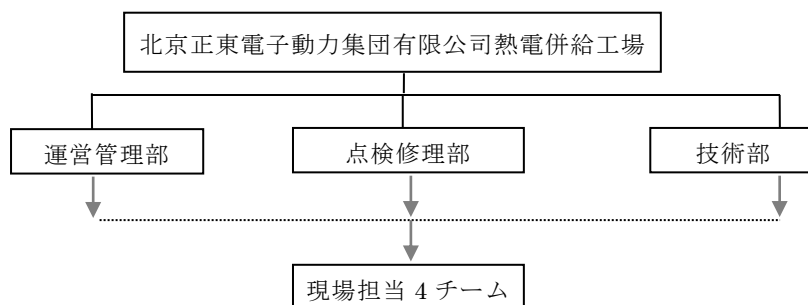


図8 北京正東電子動力集団有限公司の組織図

経営や運営の幹部職員を最少の人数に絞りながら、運営上支障をきたさないよう4チームからなる現場チームで運営維持をおこなっており、必要最低限の人員配置やアレンジがなされていることから事業運営の効率性を高めていると評価できる。

同公司は、実施前からこのような組織的な運営については、組織運営の優れた制度、効率的な取り組みを行っているが、本事業の中でもその運営が継続的に活かされている。

表8 本事業のための雇用実績

	目標 (運転開始時)	実績 (2012年)
技術者 ²¹	35名	40名
その他の職員	51名	46名
合計	86名	86名

出所：北京正東電子動力集团有限公司。

人事異動、離職に関しては、計画時から本事業に関わる主要な経営者や職員に変化はない。本事業の経験を生かし、熱電供給の事業が新たに開始される場合には、関係した職員がグループ企業内へ異動する可能性はある。離職率は中国の他の国有企業と同様で、ある程度経験をj得て離職するものもいる。同公司によれば、近年、中国経済発展の低速化に伴って安定志向が強まり、国有企業の給与水準も高くなる傾向にあり、離職率は低くなる傾向にある。

3.5.2 運営・維持管理の技術

コンバインドサイクル設備は自動化レベルが高く、輸入設備が多いため、運営・維持管理に携わる作業員の多くは大学技術系卒業生を採用し、設備納入業者や F/S 時の中国のコンサルティング会社や実施時における日本のコンサルティング会社による指導事項を十分に習得できるようにしている。全職員が運営管理の技術指導を受け、定期的に職場試験を行って資格取得した者のみが運営管理にあたっている。現地技術者への聞き取り調査では、技術的レベルは十分であり、技術習得の意欲が高い。

技術レベルの維持・向上のために、年次研修計画が作成されている。毎週チームごとに維持管理に関わる集中勉強会を行い、持ち場研修試験、事故対策訓練、専門技術分野の研修などを実施している。試験の不合格者は作業できないほか、ボーナスの減額等の罰則も設けている。組織内の技術の共有と移転の仕組みは構築されている。

²¹ 当初の計画より技術者が増加しているのは、導入した施設が自動化した最新技術の施設であり、高度な技術教育を受けた大学本科卒業以上の技術者採用が必要とされたため。



図9 自動制御室（分散制御システム²²）



図10 内部研修風景

運用検査と維持点検については、国内発電所管理に関わる政府と設備のメーカーの指導に基づいて、独自ガイドラインを作成し、機械、電気、メーターについてはいずれも具体的な設備点検規定が定められている。1日3チームの交代制で運営当直者は規定に基づいて巡回検査を行うほか、具体的な巡回検査記録をつけている。また、温度・振動・可燃漏洩検知機器を使い、設備の故障診断を定期的に行っている。

定期的に交換する摩耗消費型のスペアパーツと非定常型交換スペアパーツは共に一定の在庫量を確保している。ガスタービンのみ設備メーカーがスペアパーツ調達管理を請け負っている。

非常事態への予防と対応訓練として、事故対応のための緊急訓練と予防のための訓練がある。冬期に入る前に、ボイラーの水位が低くなった際の緊急措置、停電時の対応、可燃性ガス取り扱いに関わる研修を年1回行っている。



図11 管理マニュアル



図12 点検記録



図13 冷却水循環ポンプ点検

経営陣に対するインタビューによれば、施設に対する財産管理の意識は高く、維持管理に関わる人材やマネジメントには細心の注意を払い、現場で生かされている。また、常時、維持管理の向上のための情報収集に努めている。

²² 分散制御システムとは、制御装置が脳のように中心に1つあるのではなく、システムを構成する各機器に制御装置があるもの。制御装置はネットワークで接続され、相互に通信し監視し合う。

3.5.3 運営・維持管理の財務

財務諸表については、株式上場していないため公開されていない。実施機関の主要な収入源は熱供給料金収入と電気販売収入だが、表 9 が示すように運営・維持管理機関の財務資料によれば、熱電事業の収益性は得られている。

表9 収入・支出にかかる財務情報 (単位：元)

項目	詳細項目	運営開始 1 年 (2009 年)	運営開始 2 年 (2010 年)	運営開始 3 年 (2011 年)	運営開始 4 年 (2012 年)
費用	固定資産投資	NA	NA	NA	NA
	運営維持管理費	1,184,185.65	4,191,921.19	8,314,849.22	8,868,941.43
	ビジネスコスト	192,883,880.02	266,862,244.74	306,069,615.28	315,680,947.81
	財務コスト	5,481,500.00	5,675,300.00	5,675,300.00	5,628,762.67
	付加価値税	8,778,888.61	15,090,484.38	11,557,778.91	15,377,164.60
	その他の費用	5,738,602.64	6,277,878.60	7,489,779.91	7,772,552.89
	合計	214,067,056.92	298,097,828.91	339,107,323.32	353,328,369.40
便益	電気販売収入	198,896,860.83	295,081,254.40	296,566,300.80	315,213,030.00
	熱供給収入	16,180,600.00	23,366,160.00	30,190,403.00	49,770,000.00
	政府の補助金	27,222,357.00	14,178,626.58	52,878,556.58	31,145,400.00
	その他の収入	NA	NA	NA	NA
	合計	242,299,817.83	332,626,040.98	379,635,260.38	396,128,430.00

出所：北京正東電子動力集团有限公司資料。

注 1) ビジネスコストには、天然ガス購入コスト、水利用コスト等が含まれる。財務コストには、借入金返済が含まれる。

注 2) その他の費用としては、人件費が含まれる。

注 3) 補助金は、北京市政府の重点とするセクターの予算計画により、年度が異なる。

天然ガス価格の上昇で電気販売価格が計画時から 1.1 倍の上昇幅にとどまるのに対し、天然ガスの購入価格は 1.6 倍に高騰している。料金設定はすべて北京市物価局が行っており、北京市政府は、天然ガスの普及による石炭の代替を進めているため、天然ガスの利用コストが石炭より高い場合、電気販売価格の新たな設定や適切な補助金によって、北京市の政策により天然ガス利用企業を財務上も支援することとなっている²³。このため実施機関そのものの財務状況について、現時点では深刻な問題は生じていないが、今後の料金設定の動向や補助金政策の実施状況を注視する必要がある。

表 10 は本事業の過去 4 年間の維持管理費の推移である。維持管理費全体の 95% を占めるのが、ガスタービンの維持管理で、米国のメーカーに委託している。導入されたガスタービンは最先端技術で、実施企業によれば、政府主管部門の認可を受けたライセンスを多く持つサプライヤーとして信頼のおける企業に委託する必要があるとの判断に基づき契約したとのことである。ガスタービン以外の設備は、雇用している技術者で維持管理を行っている。維持管理費のその他の項目は、排水処理の薬品（塩酸、化成ソーダ）などである。

²³ 北京正東電子動力集团有限公司への聞き取り結果。

表 10 運営・維持管理費（実績）
（単位：元）

	運営維持管理費
2009年 ²⁴	1,184,185.65
2010年	4,191,921.19
2011年	8,314,849.22
2012年	8,868,941.43

出所：北京正東電子動力集团有限公司資料。

今後の熱供給、熱電事業の動向については、省エネ政策の推進等もあるが、需要については一定の伸びが期待される。特に 2006 年から開始されるはずであった周辺の旧国有企業雇用者用集合住宅の新規建て替え事業が徐々に進み、今後さらに 60 万 m² の熱供給面積の需要が見込まれている。これらの動向から、将来的な需要については安定的に確保される見込みである。

3.5.4 運営・維持管理の状況

設備・施設の状態は、現地踏査において目視で確認したところ、振動、騒音など最少に抑えられている。工場が操業する中で運営・維持管理に使われている各設備の性能指標は、国家または北京市の工業基準、環境保全基準に適合している。維持管理の点検・分析は適宜なされており、これらの記録を確認した。設備・機材の運営・維持管理の状況は良好である。北京正東電子動力集团有限公司は、設備の点検大綱で点検の項目と頻度を定めている。年次点検維持計画もあれば月次点検維持計画もある。ガスタービンのみメーカーが維持管理計画を計画している。現時点では設備の更新・改修の計画はない。

以上より、本事業の運営・維持管理については、本事業によって発現した効果の持続性は高いといえる。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、北京市電子城地区に天然ガスを利用した熱電併給設備を導入することにより、小型石炭ボイラーを代替し、各種汚染物質の排出量削減を図り、大気汚染の改善に寄与することを目的としている。

本事業は、中国の大気汚染対策に関わる開発政策や日本の援助政策における重点分野と整合しており、開発ニーズも高いことから、事業の妥当性は高い。大気汚染物質削減などの主要な効果指標をほぼ達成しており、本評価調査で行った受益者調査でも、本事業による電子城地区の大気汚染の改善に寄与していることが確認されたことから、

²⁴ 2009 年 4 月に試運転が完了し、年の途中からの正式稼働のため、維持管理費が少ない。

事業の有効性は高い。事業期間は計画より時間を要したが、事業費は計画内に収まっており、効率性は中程度である。運営・維持管理の体制・技術・財務・状況は良好であり、事業の持続性は高いといえる。

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 維持管理機関への提言

特になし。

4.2.3 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

本事業は、具体的実施機関でありかつ運営・維持管理機関である北京正東電子動力集団有限公司にとって初めての熱電併給事業であるが、その成功要因としては組織経営に関わる熱意が一因であると考えられる。本事業においては、持続性をより確保する観点において、同会社は、設計院やメーカーやコンサルティング会社から事業の維持管理の方法等を学び、また、全職員が運営管理の技術指導を受け、チームごとの集中勉強会を行い、持ち場研修試験（不合格者はボーナス減額）、事故対策訓練、専門技術分野の研修などを実施している。

経営や運営にあたる熱意を測ることは容易ではないが、運営や経営の現状を把握し、計画時において、研修・試験等の実施状況や今後の計画など、運営・維持管理を効果的に行う方策について具体的に確認することが肝要である。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	(a) ガスコンバインドサイクル ・ガスタービン：発電出力 40MW ×2 セット ・排熱回収ボイラー： 蒸気量 100 トン/時×2 セット ・スチームタービン： 発電出力 49MW×1 セット (b) ガス焼きボイラー： 熱出力 58MW×4 セット (c) ガスパイプライン（幹線パイ プラインからの引き込み用）：約 9km (d) 熱供給導管（熱水管、蒸気 管）、熱交換ステーション： （内貨で実施） 熱水配管：10 キロ 蒸気配管：5 キロ	計画どおり
②期間	2002年3月～2007年12月 (66カ月)	2002年3月～2009年4月 (85カ月)
③事業費	外貨 8,963 百万円 内貨 2,572 百万円 (171 百万円) 合計 11,535 百万円 うち円借款分 8,963 百万円 15 円=1 元 換算レート (2001年9月現在)	8,961 百万円 2,729 百万円 (190 百万円) 11,690 百万円 8,961 百万円 14.3 円=1 元 (2002年3月～2009年4月平均)