

平成 24 年度案件別事後評価：パッケージ I-1
(中国)

平成 26 年 1 月
(2014)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
アイ・シー・ネット株式会社

評価
JR
13-10

序文

政府開発援助においては、1975 年以来個別プロジェクトの事後評価を実施しており、その対象を拡大させてきました。また、2003 年に改訂された「ODA 大綱」においても「評価の充実」と題して「ODA の成果を測定・分析し、客観的に判断すべく、専門的知識を有する第三者による評価を充実させる」と明記されています。

こうした背景の中、より客観的な立場から事業の成果を分析し、今後の類似事業等に活用できる教訓・提言の抽出を目的として、円借款事業については主に 2010 年度に完成した事業、また技術協力プロジェクトおよび無償資金協力事業については主に 2009 年度に終了した事業のうち、主に協力金額 10 億円以上の事業に関する事後評価を外部評価者に委託しました。本報告書にはその評価結果が記載されています。

本評価から導き出された教訓・提言は、国際協力機構内外の関係者と共有し、事業の改善に向けて活用していく所存です。

終わりに、本評価にご協力とご支援を頂いた多数の関係者の皆様に対し、心より感謝申し上げます。

2014 年 1 月
独立行政法人 国際協力機構
理事 植澤 利次

本評価結果の位置づけ

本報告書は、より客観性のある立場で評価を実施するために、外部評価者に委託した結果を取り纏めたものです。本報告書に示されているさまざまな見解・提言等は必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

また、本報告書を国際協力機構のウェブサイトに掲載するにあたり、体裁面の微修正等を行うことがあります。

なお、外部評価者とJICA事業担当部の見解が異なる部分に関しては、JICAコメントとして評価結果の最後に記載することがあります。

本報告書に記載されている内容は、国際協力機構の許可なく、転載できません。

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、中国東北部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うえ、大気汚染物質の削減措置も十分ではなかった。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

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。

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。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。
1-2.瀋陽市熱供給事業	計画通り	
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。



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）、 一般アンタイド
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カ年計画（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カ年計画では、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。

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。

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の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（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。

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。

(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
熱供給世帯	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。

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 m²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

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 m²当たりの石炭の燃焼効率を 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 m²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

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。

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・污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、污水处理工程の導入で、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。実施機関関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。

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）

(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 *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	計画通り実施
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、130t/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する環境にあり、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、新疆徳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 円)				
	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より供給効率が高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

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。

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、特に事業費の半分以上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 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	11,196百万円 13,981百万円 (989百万円) 25,177百万円 11,196百万円 1人民元＝14.05円 ((1) 期) 1人民元＝13円 ((2) 期)	7,781百万円 14,638百万円 (1,049百万円) 22419百万円 7,781百万円 1人民元＝14.26円 ((1) 期1996-2004年平均) 1人民元＝13.91円 ((2) 期2001-2012年平均)

以 上

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 : SO_2)、総浮遊粒子物質 (Total Suspended Particular : TSP)³、窒素酸化物 (Nitrogen Oxide : NO_x) などの汚染が深刻であった。

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 m^2 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。

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。

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
NO _x 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

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ている。

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	・ 金利: 0.75% ・ 返済: 40 年（うち据置 10 年） ・ 調達条件 一般アントイド（本体分） 二国間タイド（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、華北電力設計院工程有限公司（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）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カ年計画（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カ年国家計画（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カ年環境保護計画（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カ年計画（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、

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」。

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。

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の問題と位置づけ、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

¹⁰ 2011 年朝陽区国民経済和社会発展統計広報。

¹¹ 2011 年朝陽区国民経済和社会発展統計広報。

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。

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%となっている。北京正東電子動力集团有限公司によれば、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团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。

¹⁴ 2002 年 F/S 資料。

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

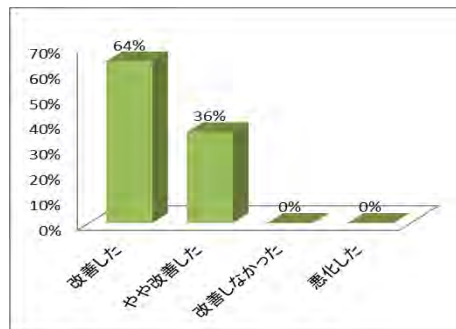
本事業による効果を把握するために受益者調査を実施した¹⁵⁾。

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。冬季のボイラー燃焼の煤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煤じん排出が本

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)。

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团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团有限公司提供写真)

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 北京市統計信息。

¹⁷ 中国自動車工業協会調査、定義は登録台数。

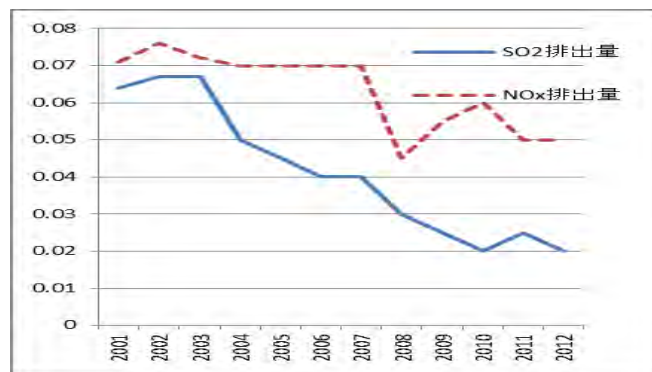


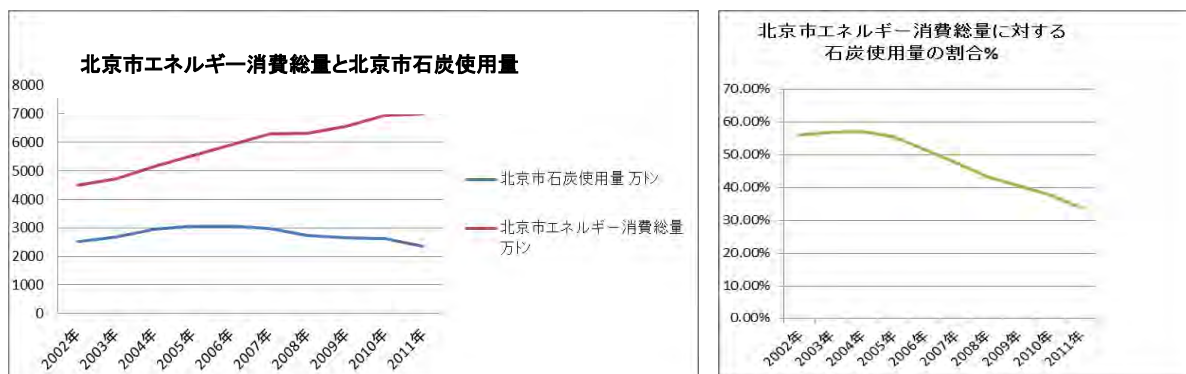
図6 北京市大気汚染状況

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	・ 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	・ 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NOx 型バーナーの採用	・ ガス焚きボイラー、排熱回収ボイラーはいずれも低NOx 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	・ 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	・ 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性が生じ、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： （内貨で実施） 熱水配管：10 キロ 蒸気配管：5 キロ	変更なし

出所：北京正東電子動力集団有限公司の質問票回答。

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。

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团有限公司。

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。北京正東電子集团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、

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团有限公司による情報）。

北京正東電子動力集团有限公司である。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团有限公司が運営・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。

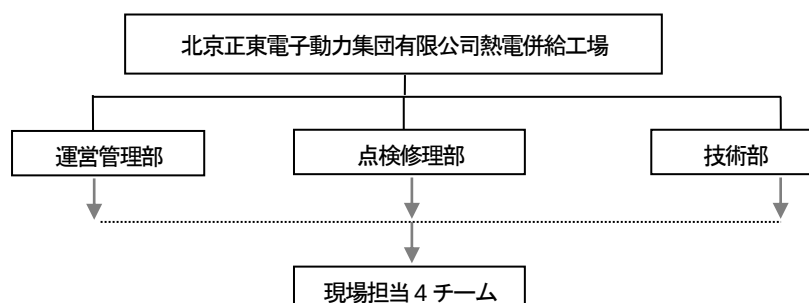


図8 北京正東電子動力集团有限公司の組織図

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

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。

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。



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

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。

いに関わる研修を年1回行っている。

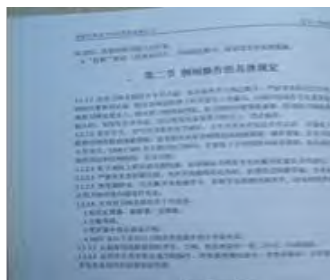


図11 管理マニュアル



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。

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	315,213,080.00
	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	396,128,480.00

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价局が行っており、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。

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

²³ 北京正東電子動力集团有限公司への聞き取り結果。

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。

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、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必要である。

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/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	8,961 百万円
内貨	2,572 百万円 (171 百万円)	2,729 百万円 (190 百万円)
合計	11,535 百万円	11,690 百万円
うち円借款分	8,963 百万円 15 円＝1 円	8,961 百万円 14.3 円＝1 円
換算レート	(2001 年 9 月現在)	(2002 年 3 月～2009 年 4 月平均)

中華人民共和国

河南省大気環境改善事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 岸野 優子、早瀬 史麻

0. 要旨

中国政府は大気環境を改善するために、クリーンエネルギーである天然ガス割合を引き上げ、汚染物質の排出総量を削減することを目標に掲げている。審査当時、河南省の4市のうち平頂山市、信陽市、駐馬店市の3市では、一次エネルギーにおける石炭などの化石燃料への依存度が9割を超えており、焦作市でもほぼ8割を依存している状況で、大気環境の悪化が深刻な問題になっていた。本事業は、国家プロジェクトの西気東輸の供給開始に合わせ、各市内の天然ガス供給施設を整備し、大気環境の改善を図ろうというもので、事業実施の妥当性は高い。初期段階で西気東輸の天然ガス供給不足の影響を受けたが、それも西気東輸の第二線の開通や他の供給源の確保により徐々に解消されている。建設された施設による天然ガスの供給や転換も進んできている。大気環境に明らかな改善はみられないが、事業では化石燃料を天然ガスに転換することによって汚染物質の削減を促進しており、大気環境改善に貢献を続けていることから、有効性・インパクトは中程度と判断される。効率性に関しては、都市計画の変更などの影響で事業が遅れ、事業費も計画を若干上回ったことから、中程度と判断される。各市の天然ガス供給会社は、組織的、技術的、財務的な問題はみられず、省・市政府による運営監理、環境モニタリング、安全管理体制も整っており、持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

1. 案件の概要



西気東輸パイプラインと河南省



ゲートステーション（駐馬店市）

1.1 事業の背景

中国は急速な経済成長をとげる反面、工業化と人口増加によって80年代以降環境汚染が進んだ。中国政府は特に90年代後半以降、環境保護政策を強化し一定の成果を上げたが、汚染状況は依然、深刻なレベルにあった。

¹ 中国西部の新疆ウイグル自治区のタリム油田で採掘された天然ガスを総延長約4,000kmのパイプラインを建設して、東部沿岸地域まで上海などの大都市に輸送する国家プロジェクトで、第一線は2004年に全区間完成した。

審査時における大気環境は、主要な一次エネルギー源である石炭の燃焼による硫黄酸化物（SO_x）、煤塵や自動車による排出を含む窒素酸化物（NO_x）などによる汚染が深刻であった。経済活動の拡大に伴って、地球温暖化の原因物質である二酸化炭素（CO₂）排出抑制も喫緊の課題となっていた。

2000年の河南省の経済成長率は中国の平均を上回る9.5%と高く、それに伴いエネルギー消費量も急増していた。エネルギー消費量のうち、86%²を石炭に依存していた。石炭は、工業用のみならず発電や各家庭の暖房にも広く利用されていたため、SO_x、NO_x、煤塵などによる大気汚染が進んでいた。省内18市のうち、本件対象の4市を含む14市は総浮遊粒子物質（TSP）が国家大気環境2級基準を満たしておらず、このまま石炭依存を続けた場合にはSO₂、NO_xも同基準を満たせなくなることが懸念されていた。

1.2 事業概要

河南省の5市（焦作市、漯河市、平頂山市、信陽市、駐馬店市）⁴において、天然ガス供給設備を整備することにより、石炭などの燃料の天然ガスへの転換を図り、もって大気環境の改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	19,295 百万円 / 19,174 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 11 月 / 2003 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／河南省人民政府
貸付完了	2010 年 7 月
本体契約 （契約金額 10 億円以上）	Shashi Steel Pipe Works of Jiangnan Petroleum Administration （中国）、Beijing Xingqiao International Commercial Corporation（中国）、Beijing Meili Zhongsheng Environmental Engineering Co. LTD（中国）
コンサルタント契約	なし。
事業化調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	各サブプロジェクトのフィージビリティ・スタディ（2002 年 6 月）
関連事業	・円借款による都市ガス整備、排煙脱硫装置等既存施設の整備、天然ガスへの転換等クリーンエネルギー普及等の大気改善を目的とする事業 ・2001 年度「太原市総合環境整備事業」、「北京市環境整備事業」

² 2001 年。

³ 大気環境基準【GB3095—1996】では、年平均値（g/m³）が、SO₂ 0.06 g/m³、NO₂ 0.04 g/m³、TSP 0.20 g/m³、PM10 0.10 g/m³、CO 4.0 g/m³以下が 2 級基準として定められている。

⁴ 借款契約に含まれていたのは 5 市であった。そのうち、漯河市は西気東輸の開設に合わせて工期を早める必要があったことから民間融資を受けてプロジェクトを実施することとし、円借款の使用を辞退した。そのため本事業は焦作市、平頂山市、信陽市、駐馬店市の 4 市によって実施された。

	・西気東輸事業（2003 年～） ・（財）地球環境センター、大阪市による大気改善にかかわる協力（2004 年）
--	--

本事業は、国家プロジェクトである西気東輸によって、中国西部新疆ウイグル自治区から上海までの天然ガスメインパイプラインを建設する事業に合わせて計画された円借款事業である。上海までのパイプラインの途中に位置する河南省の5市に供給設備を建設し、大気環境汚染の原因となっている石炭などの化石燃料を石炭からクリーンエネルギーである天然ガスへ転換しようというものである。

西気東輸のメインパイプライン建設は、ガス田から天然ガスを供給する中国石油が行う。図1のとおり、そのメインパイプラインから焦作市が供給を受け、他の4市はメインパイプラインに接続されたサブパイプラインから供給を受ける。

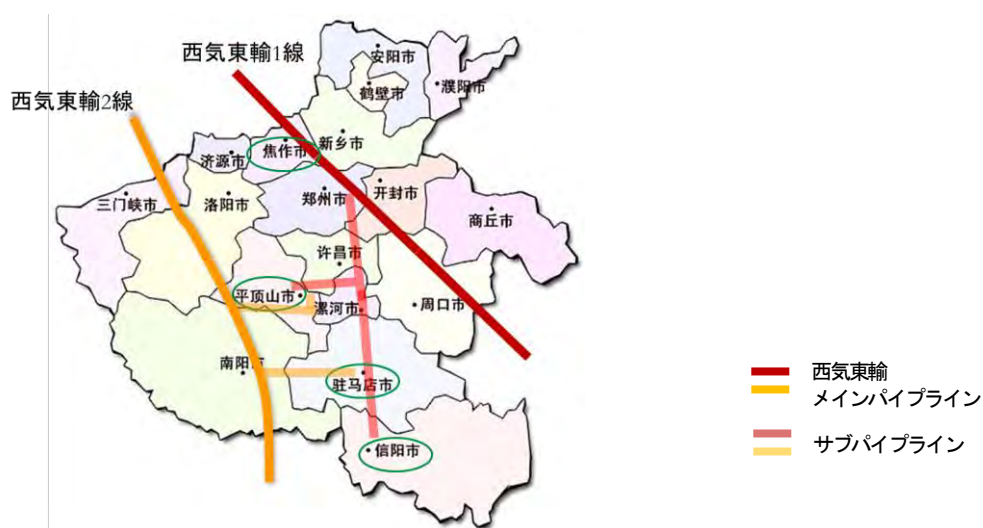


図7 天然ガスメインパイプライン（西気東輸）とサブプロジェクト位置図

円借款事業の対象は、各市の具体的実施機関である天然ガス供給会社の設備で、メインもしくはサブパイプラインから市への入り口となるゲートステーションと、そこから市内の民生、工業、交通ユーザーなどに供給するための調圧設備、パイプライン、天然ガスステーションや天然ガスを貯蔵するガスホルダーなどが含まれている。図2に天然ガス供給の流れと円借款の事業範囲を示す。

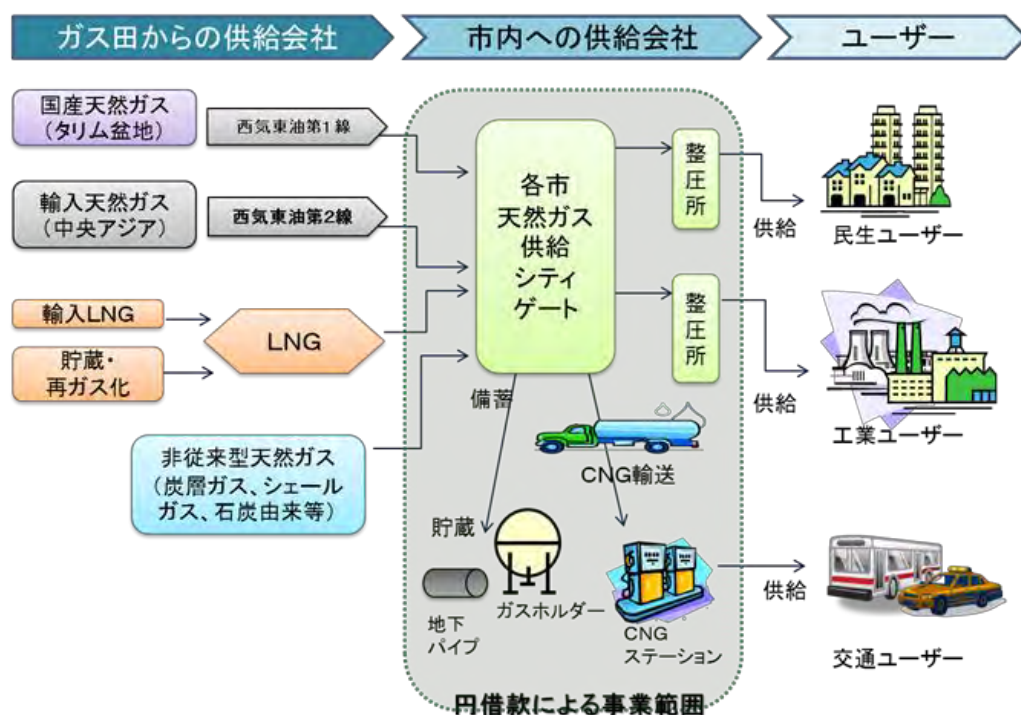


図8 天然ガスの供給フロー

河南省において西気東輸からの天然ガス供給は、焦作市と駐馬店市で2004年、平頂山は2005年、信陽市では2007年からそれぞれ開始された。

西気東輸の天然ガスは、国産の天然田からのみの供給であったが、中国全土で供給量が不足したため、その不足分を補完するために国外のガス田から天然ガスが供給されることになった。それが西気東輸第二線である。これにより元からあった西気東輸のパイプラインは第一線と呼ばれるようになった。本事業の対象市では2008年から平頂山市、駐馬店市が、第一線からの供給に加えて、新設された第二線からも供給を受けている。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

岸野 優子、早瀬 史麻（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11月

現地調査：2013年4月21日～4月27日、2013年7月29日～7月30日

2.3 評価の制約

特になし。

3. 評価結果（レーティング：B⁵）

3.1 妥当性（レーティング：③⁶）

3.1.1 開発政策との整合性

（1）審査時の開発政策

中国政府は1994年に経済成長と環境保全の両立を図る「中国アジェンダ21」を策定。これを踏まえた第9次五カ年環境保護計画（1996～2000年）では、2000年までにSO₂、煤塵などの主要な汚染物質の総排出量を1995年レベルに抑制する規制目標を掲げ、工場汚染対策、都市ガスなどの都市環境基盤整備に取り組んだ。また、1998年に「二区」と呼ばれる「SO₂汚染規制区（おもに長江以北）」と「酸性雨規制区（おもに長江以南）」を指定し、汚染対策を実施してきた。当初の目標は一応達成されたものの、大気汚染は依然として深刻だった。

第10次五カ年環境保護計画（2001～2005年）では、さらなる環境改善を図るため、主要な汚染物質の総排出量を対2000年比10%削減することを目標とした。大気についてはSO₂汚染規制区と酸性雨規制区におけるSO₂排出量を20%削減する目標を掲げた。

河南省政府は、河南省第10次環境保護計画において、大気環境改善目標を達成するため、クリーンエネルギーへの転換、クリーナープロダクションの導入、クリーンコール利用、重点汚染源の閉鎖、集中熱供給施設の普及などの施策を進めることとしていた。

（2）事後評価時の開発政策

第11次五カ年計画（2006～2010年）では、エネルギー単位消費量を20%前後低減し、主要汚染物質の排出総量を10%削減することを目標に掲げ、循環型経済の発展、自然生態系保護、環境保護、資源管理の強化を実施することとした。第12次五カ年計画（2011～2015年）では、大気環境改善に向けて二酸化炭素排出量17%、SO₂排出量8%、NO_x排出量10%削減を目標に掲げている。エネルギー単位消費量を16%抑制し、エネルギー構造の調整・最適化によって、安定的・経済的に安全でクリーンな現代エネルギー産業システムの構築を目指すとしている。一次エネルギーにおける天然ガスの割合を2010年の4%から2015年には8.3%に引き上げる目標を掲げている。その安定的な供給のため、パイプライン主要網の整備を進め、炭層メタンガスやシェールガスといった非在来型天然ガス資源の開発と利用を推進するとしている。

環境保護五カ年計画においても大気環境改善は重点分野に位置付けられている。第11次（2006～2010年）では、113の環境保護重点都市と都市郡の総合的な大気環境改善を重点課題に挙げ、GDP1単位当たり⁷に占めるエネルギー消費量の20%低減、主要汚染物質の排出総量の10%低減を目指している。第12次（2011～2015年）では、主な大気汚染物質の排出総量を引き続き削減し、全国の二酸化硫黄排出総量を2010年比10%削減、重点産業と重点地域のアンモニア態窒素の排出総量を同比10%削減することを目標に挙げている。

国家发展改革委員会は、2007年8月に「天然ガス利用政策」を発表し、天然ガスの需給ギャッ

⁵ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

⁶ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

⁷ 一単位のGDPをあげるために必要なエネルギー量。

プが拡大する中で、大気改善のために民生・商業への利用を最優先とし、産業や発電への利用を制限した。2012年10月の改定による新政策では、政策の適用範囲を従来型天然ガスから、シェールガス、石炭層ガス、石炭由来の合成天然ガス（SNG）に広げ、利用拡大を後押ししている。新政策では、天然ガスを燃料とする公共交通バスやタクシー、物流、船舶、貨物車などの交通分野、集中暖房とエアコン、建材、電気、紡績、石化、冶金など工業部門の燃料転換を優先し、利用拡大を図ることとしている。

本事業は、天然ガス転換を推進することによって、大気環境の改善を目指す取り組みであり、計画時、評価時ともに政策との整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

3.1.2.1 天然ガス転換のニーズ

河南省の実質 GDP 成長率は、審査時に 10.7%、評価時には 12.5%と二桁台の経済成長が続いており、それに伴って一次エネルギー消費量が急増している（表1）。審査時の一次エネルギー消費量は 7,300 万トンで、2010 年までに 135%増加すると予測されていたが、実際にはその 2 倍以上の 2 億 1,438 万トンに達した（表2）。また、表3 の一次エネルギー消費量の内訳をみると、石炭への依存率を 85.9%から 73%へ縮小する目標が掲げられていたが、依然 80%台にある。事業開始時の 2003 年と 2012 年を比較すると、石炭依存度は民生部門で減少したが、工業部門では逆に 9%伸びている。一次エネルギーの需要増に対応するためにも、工業用石炭から発生する大気環境汚染物質を削減するためにも、天然ガスへの転換のニーズは引き続き高い。

表8 河南省と中国（全国平均）の実質 GDP 成長率

	2000 年	2003 年	2007 年	2010 年
河南省	9.5%	10.7%	14.6%	12.5%
中国	8.6%	10.0%	14.2%	10.4%

出所：中国統計年鑑、河南省統計年鑑。

表9 河南省におけるエネルギー消費量（単位：万トン/年）

	2001 年	2003 年	2010 年	増加率
計画値	7,300	-	9,880	135%
実績値	7,300	10,595	21,438	294%

出所：計画値は JICA 提供資料、実績値は河南省からの質問票回答。

注：単位は標準炭換算。

表 10 河南省における一次エネルギー消費量の内訳

	2001 年 (審査時)	2003 年	2012 年	2003 年 /2012 年比
石炭	85.9% 民生用 N/A 工業用 N/A	86.7% 民生用 6.7% 工業用 80.0%	83% 民生用 3% 工業用 80%	全体 -3.7% 民生用 -3.7% 工業用 +9%
石油	10.1%	1.9%	3.9%	+2.0%
水力	2%	2.0%	3.8%	+1.8%
天然ガス	2%	9.4%	11.0%	+1.6%

出所：2001 年のデータは JICA 審査時資料、他は河南省政府による質問票回答。

3.1.2.2 サブプロジェクト選定の妥当性

サブプロジェクトは、西気東輸のパイプラインルートとの地理的条件、産業構造、エネルギー消費構造、大気汚染の状況、天然ガスへの転換条件などの面から選考が行われた。河南省は石炭の生産地であり、審査時において石炭生産を天然ガスに切り替えることに伴う失業などの社会的コストも選定のクライテリアとして検討されており、妥当と判断される。

申請のあった 11 市から最終的に 5 市が選定された。西気東輸からの供給を受けることが事業開始の前提条件であるため、地理的条件としてメインパイプラインに近い焦作市、また、建設が確定していたサブパイプラインの周辺市が対象市になった。産業構造や大気汚染の状況もクライテリアであった。選定された 5 市のうち、焦作市、平頂山市は審査時の第二次産業の割合が 5 割を越えていた工業市で、特に、工業部門での化石燃料の使用量の急増、さらにそれによる大気環境汚染も深刻だった。審査時の主な大気環境汚染物質の濃度（SO₂、NO_x、TSP）は 2 級基準を満たしておらず、TSP 値は 3 級基準を越えるほど高い濃度を示していた。小規模の郷鎮炭鉱での採掘が行われていた平頂山市は、炭鉱の数を減らして大規模化を進めていく計画であったため、天然ガス転換にともなう石炭関連業の失業問題やその補償といった社会コストへの影響は少ないと判断されたことも理由である。

残りの信陽市、駐馬店市は農業従事者の割合が多い市であったが、徐々に都市化と工業化が進んでいた。これらの市では石炭依存度が 95%を越えていたため、同じペースで石炭依存を続けると大気環境が悪化して 2 級基準を満たせなくなることが懸念されていた。このようにいずれの 5 市も天然ガスへの転換の優先度が高かった。

2003 年 3 月の借款契約（Loan Agreement: L/A）締結後、選定された 5 市のうち漯河市が本事業の対象外となった。中止の経緯や理由については記録が残っておらず、聞き取りからも確かな情報は得られていない。事業管理者としては、状況を把握し、中止の妥当性を判断するとともに、サブプロジェクトを差し替えるなど、当初の目的達成に影響が出ないようにすることが望まれる。また、事業の中止といった重要な決定について、原因や理由を明確にした文書による報告を行うような運営・管理体制を強化する必要がある。

表 11 河南省と対象市の第二次産業割合の変化

	審査時 (2002 年)	評価時 (2011 年)
河南省	46%	57% (+11%)
焦作市	56%	69% (+13%)
平頂山市	56%	70% (+14%)
信陽市	37%	43% (+6%)
駐馬店市	37%	43% (+6%)

出所：河南省政府、各サブプロジェクト質問票回答。

注：信陽市のみ審査時は 2003 年の数値を使用。

表 12 審査時における 4 市の状況

	石炭使用量	石炭依存率	大気環境
焦作市	905 万トン/年 (2002 年)	74.5%	SO ₂ : 3 級 NO _x : 2 級 TSP : 級外*
平頂山市	150 万トン/年 (2001 年)	97.6%	SO ₂ : 2 級 NO _x : 2 級 TSP : 級外*
信陽市	155 万トン/年 (2000 年)	99.8%	SO ₂ : 1 級 NO _x : 1 級 TSP : 2 級
駐馬店市	187 万トン/年 (2001 年)	95.3%	SO ₂ : 2 級 NO _x : 1 級 TSP : 3 級

出所：河南省政府向け質問票回答、焦作市の石炭使用量と依存率はサブプロジェクト質問票回答。

* : 3 級基準を超える濃度。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時には、日本政府による「対中経済協力計画」、円借款の「海外経済協力業務実施方針」と 2002 年度国別業務実施方針において、「環境保全」に重点が置かれていた。国別実施方針で酸性雨や地球温暖化の原因物質の排出を効果的に削減することが大気環境分野の課題とされていた。そのためには、石炭依存度を低下させ、天然ガスなどクリーンエネルギーへの転換が必要とされていた。排煙脱硫装置の設置といった既存施設への環境対策を通じた汚染物質削減、汚染物質の発生最小化と省エネを眼目としたクリーナープロダクション、クリーンコールテクノロジー、再生可能エネルギーの普及を支援するとしていた。円借款の支援方針では、天然ガスへの転換事業が重点対象の一つとされ、ソフト面の支援では環境行政能力向上、地方自治体との連携強化によるノウハウ移転が掲げられていた。

国別援助方針にあたる対中経済協力計画（平成 13 年度策定）では、中国における長期的な取り組みが必要な環境保護の課題の一つとして大気環境改善を挙げている。環境保護は援助の重点分野の第一番目の課題「地球規模の問題に対処するための協力」の中に位置づけられている。

以上より、本事業の実施は中国政府ならびに河南省政府の開発政策、環境、エネルギーセクターの開発ニーズ、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（レーティング：②⁸）

本評価では、審査時設定のとおり、天然ガス搬送量、普及率⁹、大気環境汚染物質（SO₂、NO_x、TSP）削減量を有効性の指標として用いる。目標年次は審査時に事業完成から1年目、2年目、7年目の目標値が定められていた。本評価時点で完成から7年目、あるいは7年を経過したサブプロジェクトはないため、各サブプロジェクトが完成した年から2年目の目標値と実績値を比較してレーティングを行った。各サブプロジェクトの評価対象年は焦作市2012年、平頂山市2011年、信陽市2009年、駐馬店市2011年となる。

3.2.1 定量的効果

(1) 搬送量

4市の一日当たりの天然ガス搬送量の合計は、目標332万4,247m³に対し、121万2,198m³で達成度は36%だった。各サブプロジェクトの達成度は焦作市35%、平頂山市73%、信陽市6%、駐馬店市64%で、目標を達成できたサブプロジェクトはなかった。信陽市の達成度が極端に低くなったのは、施設が完成した直後から一気に天然ガス搬送量を増やすという審査時計画にもあったと考えられる。目標値をみると、他の市は1年目、2年目、7年目と徐々に搬送量を増やしていく計画であるが、信陽市のみが、2年目も7年目も同じ目標値を設定していた。実際は、2年目の段階で計画のような急増はなかったが、完成5年目にあたる2012年には、実績値は17万8,987m³/日となり、計画比23%に達している。

表6 天然ガス搬送量

(単位：m³/日)

搬送量	目標値 2年目	実績値 2年目	計画比	直近の実績値 (2012年)
4市の 合計	3,324,247	1,212,198	36%	1,761,274
焦作市	1,638,873	572,932 (2012年)	35%	572,932
平頂山市	300,752	218,100 (2011年)	73%	491,300
信陽市	795,123	46,646 (2009年)	6%	178,987
駐馬店市	589,499	374,520 (2011年)	64%	518,055

出所：目標値はJICA審査時資料、実績値は各市質問票回答。駐馬店市は具体的実施機関質問票回答。

⁸ 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。

⁹ 天然ガス普及世帯/世帯数。

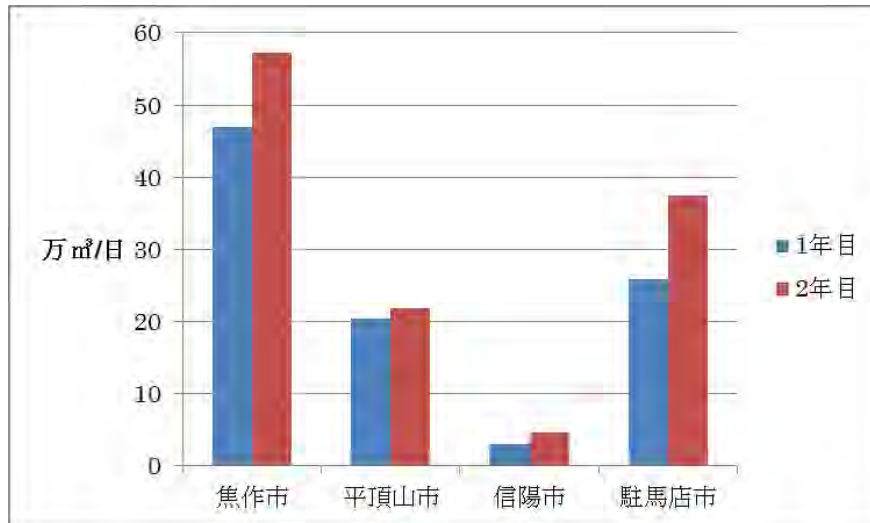


図3 各サブプロジェクトによる天然ガス搬送量の推移

目標に到達しなかった要因は市によっても異なるが、全体としては影響の強い順に①西気東輸からサブプロジェクトへの天然ガス供給量不足、②国家政策による天然ガス供給の優先分野の設定、③天然ガス転換の改造費用負担の重さ、が挙げられる。天然ガス供給量不足が徐々に解消されていることや、2012年の新政策によりこれまで制約のあった工業部門や交通部門が優先されることから、天然ガス利用が進むことが予想される。

① 西気東輸からサブプロジェクトへの供給量不足

天然ガスは、中国石油などの供給会社によってガス田から河南省各市のシティゲートまで搬送され、本事業により整備された設備を通じてユーザーへと供給される。本事業は天然ガス供給網の中でいわば中継設備に相当するため、設備が有効に活用される前提として、ガス田からのメインパイプライン建設と、天然ガスの供給が必須になる¹⁰。西気東輸メインパイプラインが竣工して供給が始まった2004年から2年間は、天然ガスが国内の大都市に優先的に割り当てられ、河南省への供給は制限されていた。国内の生産量を補完するために液化天然ガス (LNG) 輸入が開始されたのが2006年、西気東輸第二線による供給が2008年に開始され、安定した供給が受けられるようになったのが2011年である。それまでの間は省政府からの指示で、民生部門、工業部門、交通部門では供給量の上限に合わせて天然ガス転換ユーザー数や建設計画を制限しながら事業を進めなければならなかった。この制限による計画のずれが搬送量の達成度に影響した。

・平頂山市

表7は天然ガスの合意供給量と実際の供給量を示したものである。平頂山市については、2005

¹⁰ 天然ガスの供給量は国家開発政策の方針、天然ガス利用政策、国内外の天然ガス供給源の確保や新パイプラインの建設計画、LNGや非従来型天然ガスなどの供給によって左右される。審査時には、本事業の実施において西気東輸のパイプラインが建設されることが前提条件であることを確認している。

年の実際の供給量は目標の25%以下で中国石油と2001年に交わした合意内容¹¹の供給量の半分にも届かなかった。その要因は中国国内全体で需要に対して供給が不足していたことである。2006年から液化天然ガス（LNG）が供給されたり、2008年ごろからは西気東輸第二線が開通して中央アジアから輸入が開始されたりして、供給不足は徐々に解消されるようになった¹²。2011年頃には、西気東輸の第一線と第二線を合わせて安定した供給を受けられるようになり、市内での供給を拡大することができた。完成から3年目にあたる2012年には前年度から125%伸びて49万1,300 m³/日までに達し、完成から7年目の目標値を達成するに至っている。

・駐馬店市

駐馬店市も、供給開始から西気東輸第一線の供給不足で制限を受けており、2年目にあたる2011年に供給された天然ガス量は、意向書、目標値より少なく7割程度だった。以降は、第二線の開通によって、徐々に安定した供給量を受けられるようになり、具体的実施機関によれば搬送量は年間平均約6%で伸び続けているという。このペースで伸び続けると、完成から6年目にあたる2015年には2年目の搬送量の目標値である58万9,499 m³/日を超える計算となる。

表 7 平頂山市、駐馬店市の意向書¹³と実際の供給量（単位：万 m³/日）

平頂山市	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
意向書	13.0	14.0	15.1	16.5	17.2	18.3	—	—		
実際の供給量	5	11.6	17.7	17.6	19.3	20.3	21.8	49.1		
事業の目標値	—	—	—	—	—	23.3	30.3	—		
駐馬店市	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
意向書	16.0	22.0	36.0	47.0	55.0	—	—	—	—	—
実際の供給量	—	2.4	3.3	4.4	10.8	16.0	21.4	25.8	37.5	51.8
事業の目標値	—	—	—	—	—	—	—	35.0	58.0	—

出所：目標値はJICA審査時資料、実績値は質問票回答。

・焦作市

焦作市は供給源の多様化によってある程度の供給量不足は緩和された。計画時において搬送量目標を達成するために2010年には約6億 m³/年の供給があると予測していたが、中国石油と契約した供給量は2005年から2010年まで毎年0.47億 m³/年に過ぎなかった。サブプロジェクトでは西気東輸からの天然ガス供給量不足を補うために、供給源を複数化して2007年から安彩能源社、2011年から通豫煤気社によるメタンガスの供給を開始したが、この増分を含めても2012年の供給量は1.77億 m³/年で、需要量の2.25億 m³/年と比べると約0.48億 m³不足していた。

¹¹ 西気東輸の供給元である中国石油と具体的実施機関の間で、本契約の前段階に天然ガス供給量や圧力などの条件についての確認内容を取り交わした意向書。

¹² 中国において一次エネルギーの需要の高まりとともに、天然ガスの需要量も急速に伸び、2007年から需要量が生産量を上回った。その需給格差は年々広がっており、2010年には122億 m³/年、2012年には394億 m³の不足が生じた。この需給ギャップは海外からのLNGや中央アジアからのパイプラインなどで補完されており、2012年にはLNG輸入が約203億 m³、パイプラインによる輸入が209億 m³で全体の消費量の約30%を占める。

¹³ 平頂山市、駐馬店市とも中国石油との意向書に2001年5月に調印した。

・信陽市

信陽市では、2007 年の供給開始以来、供給不足は発生しなかった¹⁴。

② 国家政策による天然ガス供給の優先分野の設定

2007 年に国家发展改革委員会によって公布された「天然ガス利用政策」では、限られた資源である天然ガスの合理的な開発・利用を推進するため、天然ガスの利用分野を「都市ガス」、「工業用燃料」、「発電」、「化学工業」の 4 種類に分類し、優先順位を、「優先／許可／制限／禁止」の 4 段階に設定した。民生部門の都市ガス供給は優先とされた。西気東輸からの天然ガスの供給が不足していた市では、民生部門への供給が最優先され、工業部門への供給は制約を受けることになった。天然ガスの供給が不足していなかった市でも、工業部門への供給はエネルギーを大量消費する旧型の産業から、国家政策に基づき安定的・経済的に安全でクリーンな現代エネルギー産業システムの構築を目指した転換を並行して行っていたことより、工業部門の天然ガス転換が遅れたことが、全体の搬送量の伸びを阻害する要因となった。この影響を大きく受けたのは信陽市である。政府の産業構造政策が実施中のため工業部門の天然ガス転換がまだ中途であること、政策によって閉鎖・営業停止になった企業もあることから、工業部門の転換は目標に至っていない。今後、政府による経済安定化措置として加工業や製造業での天然ガス利用が推進されることになっている。

③ 天然ガス転換にかかる改造費用負担の重さ

天然ガスに転換する改造費用の高さが阻害要因になっている場合もある。都市ガスからの転換の場合にはすでに使用しているガス用パイプの補強やメーターの取り替え程度の改造ですむ。ところが、石炭や重油といった化石燃料からの転換の場合には調圧所からパイプラインを企業まで引き、さらに内部の設備も更新するという大がかりな改造が必要である。その費用負担が天然ガスの転換を希望する中小企業を躊躇させる要因となっている。例えば、焦作市の工業集中区付近の鋼管製造工場では、年間 4 万 m³ の天然ガスを使用する見込みであったが、天然ガス供給を受けるためには 2.5 キロメートルのパイプラインの設置に 500 万元、内部の改造に 200 万元の合計 700 万元の工費がかかるため設置をあきらめた。工業部門の天然ガス転換費用はユーザー負担で、焦作市では搬送量の計画量の 43%に該当する企業が、改造費用がかさむといった経済的な理由から転換をあきらめている¹⁵。

本評価調査で質問票調査とヒアリングを行った平頂山市、焦作市、駐馬店市の大口天然ガスユーザー 7 件の転換費用は、下は 10 万元から上は 5,000 万元とばらつきがあった。5,000 万元と回答した平頂山市の企業の場合は、年間の天然ガス使用量が 2,474 万 m³ という大規模の電気コード製造会社であり、天然ガス転換によって年間の燃料費を 8,000 万元から 6,000 万元に減少させることができた。2 年半で転換にかかった費用を回収した理想的な事例である。しかし、特に中小企業にとっては、先行投資の資金準備が困難で、天然ガスの使用量も多くないことから、

¹⁴ 具体的実施機関へのヒアリング回答による。

¹⁵ 焦作市具体的実施機関への質問票回答とヒアリングに基づく。

改修費用の回収には長い年数がかかる。このため、費用対効果の面から転換が躊躇されることが多い。

以上みてきた要因は、①の天然ガス供給量の不足のようにすでに解消されつつあるものもある。一方で、②の天然ガス供給の優先分野は国家計画に左右される面がある。現在のサブプロジェクトによる天然ガス搬送量見込みは第12次五カ年計画に基づいた計画である。2007年に公布、2012年に改定となった「天然ガス利用政策」のように、不定期に改定が行われる政策もあり、本事業にも直接影響を及ぼす。2012年の改訂では「優先」が2007年の4分野から12分野に細分化され、天然ガス発電については2007年の「制限」から一部を除き¹⁶、発電所建設が「許可」に分類されるなど、効率的な天然ガス利用の促進の方向性が示された。天然ガスによる火力発電の「制限」が解除された場合には、多くの天然ガスを使用する発電所での需要が一気に増え、その場合には搬送量が急増すると思われる。③転換費用の負担については、政策転換によって政府による補助などが出た場合には、天然ガスへの転換が促進される可能性もある。

(2) 普及率

天然ガスに転換した世帯の割合を示す普及率は4市全体において39%で、計画時の目標値の62%に照らし合わせると達成度は63%と、搬送量の達成度36%に比べて高い。天然ガスの供給量が限定される中、政府の民生優先の原則に従い、サブプロジェクトも民生部門を優先してきた結果といえる。各サブプロジェクトの天然ガス普及率は焦作市90%、平頂山市25%、信陽市20%、駐馬店市22%で、焦作市が目標を達成し、平頂山市が目標をほぼ達成した。信陽市の目標値に対する達成度は34%に留まったが、2012年には51%まで伸びてきており、完成5年目に2年目の目標値にほぼ到達した。駐馬店市は目標値の30%以下だった。信陽市、駐馬店市は事業の対象としていた地域が農村部であったため、後述するような農村部ならではの問題があり、また、駐馬店市では、2002年から2011年の間に都市人口は92万人から約3倍の280万人に増加した一方、急激な都市化に天然ガスを含めた都市基盤整備が追いついていないことが原因である。とはいえ、駐馬店市の2012年の普及率は27%と前年度から20%を超える成長率を示した。

¹⁶ 天然ガス熱電併給（コジェネレーション）は「優先類」、陝西省、内モンゴル自治区、山西省、安徽省などの大型石炭基地における天然ガスベースロード型の火力（石炭層ガスの火力発電を除く）は「禁止類」となっている。

表 8 天然ガス普及率

普及率	目標値 2 年目	実績値 2 年目	計画比	直近の実績値 (2012 年)
4 市の 平均	62%	39%	63%	52%
焦作市	76%	90% (2012 年)	118%	90%
平頂山市	31%	25% (2011 年)	82%	41%
信陽市	59%	20% (2009 年)	34%	51%
駐馬店市	81%	22% (2011 年)	27%	27%

出所：目標値は JICA 審査時資料、実績値は各市質問票回答。

普及率は民生部門だけに関わる指標であり、天然ガスの搬送量と必ずしも連動しない。焦作市や信陽市のように、普及率が伸びていても搬送量が伸びていない原因として、①農村など住民が分散して居住する地域への天然ガスの敷設対費用効率が低く、末端のパイプライン建設が進みにくいこと、②天然ガスは開通したものの、引き続き他の燃料が使われていること、③実際の需要と普及率との乖離：戸籍上の人口と実際の居住人口に差があり、不在者の割合が高いので普及率は上がっていても、実際の天然ガスの使用量は伸びていないこと、などが考えられる。以下にその詳細を述べる。

① 農村部への敷設費用

信陽市と駐馬店市は、第一次産業の割合が 25%を越える農業市である。信陽市は 8 県、駐馬店市は 1 市 9 県が円借款の対象地域で、県部へのパイプライン敷設と天然ガス普及が課題となった。県の中心から離れた農村では住民が都市部に比べて分散して居住しているため、ガス供給会社またはデベロッパーの資金を用いて、円借款で設置した施設から先の長い距離のパイプラインを敷設しなければならない。敷設のための先行投資が高額すぎるために建設が先送りされている場合も多い。

河南省では、都市化をはかる一方で「新農村建設」と称する農村回帰を目指したプロジェクトも実施中で、人口 10 万人以下を目安とした都市を建設し、農業の振興と分散して居住していた農民の集約化が進められている。このプロジェクトによって、天然ガスパイプラインの敷設工事もより効率的に進められる見込みである¹⁷。

② 他燃料の継続使用

本事業実施前からコークス炉ガスなどが都市ガスとして供給されていた市中心部では、ガスの質量がほぼ同じであること、生活スタイルも変わらないことから民生部門の天然ガスへの転

¹⁷ 信陽市、駐馬店市の具体的実施機関へのヒアリングより。

換はスムーズに進んだ。しかし、初めて都市ガスが供給された農村部では事情が異なる。練炭や薪からの天然ガスへの転換は、生活様式を大幅に変えることでもあり、天然ガスの利用は調理器具程度に留まっているのが現状である。また、燃料費節約のため、農作業の廃棄物であるわらが燃料として引き続き使用されていることもある。

③ 人口統計と居住実態の差

表 9 に示すとおり、特に信陽市と駐馬店市では、実際の人口と居住実態の差が大きい（表中ハイライト部分参照）。家庭で天然ガスの利用が可能になっていても、実際に人が住んでいないために使用していないケースが多く発生している。このため、数字上、天然ガス搬送量の実績が普及率の達成度に比例していない。統計は都市部人口も含めた数値で、出稼ぎにでる農民が多く居住している県部ではこれより高い数値になる。具体的実施機関に対するヒアリングによれば、どちらの市も 3 割程度が不在という回答であった。

表 9 河南省の不在者人口の比率¹⁸（単位：千人）

	総人口	常住人口	不在率
河南省	10543	9404	10.8%
焦作市	365.78	352	3.8%
平頂山市	534.66	492.91	7.8%
信陽市	855.21	639.78	25.2%
駐馬店市	891.65	693.67	22.2%

出所：河南省、各市の国民経済和社会発展統計公報 2012 年版。

以上のように、国産天然ガスの供給が不足していた中においても、民生部門は最優先とされ、その結果として 1 市で普及率目標を達成、1 市ではほぼ達成となった。目標が達成されなかった駐馬店市においては円借款による市内のパイプライン整備は完了しており、そこから延びる各戸と接続するパイプラインの建設が進めば供給できる体制にある。つまり、今後は、道路や水道、電気といった都市整備が完成し住める状態に至るかどうかにかかっている。

(3) 主要汚染物質の削減量

3 つ目の指標に、大気環境の主要汚染物質（SO₂、NO_x、TSP）の削減量がある¹⁹。削減量は、天然ガスに転換された化石燃料の量に単位当たりの汚染物質排出量²⁰をかけ、そこから天然ガスによる排出量を引いて算出されている。対象となる燃料は、家庭用石炭、工業用石炭、商業用石炭が基本であるが、その他のディーゼル燃料などの化石燃料を含むサブプロジェクトもある。

表 10 に示すとおり、全体の主要大気汚染物質（SO₂、NO_x、TSP）の削減量の計画比は SO₂：

¹⁸ 不在人口の統計がなかったため、総人口（戸籍上の人口）から常住人口（実際に居住している人口）を引いた人口を不在分としている。

¹⁹ 石炭などの化石燃料が燃焼することによって発生する汚染物質が、クリーンエネルギーで汚染物質がほとんど排出されない天然ガスに転換されることによって削減される量。

²⁰ 削減される汚染物質の分量は、フィージビリティ・スタディによって定められているが、サブプロジェクト毎に計算式が異なる。

48%、NOx : 53%、TSP : 59%だった。目標値に対して実績が上回ったのは平頂山市で、全ての主要汚染物質について目標を達成している。焦作市と駐馬店市は50～70%程度、信陽市は計画比10%以下に留まった。

信陽市は普及率、つまり、民生部門への普及は順調に伸ばすことができたが、削減量については、単位当たりの主要汚染物質排出量の大きな工業部門の転換が遅れていることによって伸び悩んだ。具体的実施機関は、今後、工業部門の顧客獲得に力を入れていく計画である。

表 10 主要汚染物質削減量

4 市	目標値 (2 年目)	実績値 (2 年目)	計画比
SO ₂ 排出削減量 (t/年)	63,360	30,205	48%
NOx 排出削減量 (t/年)	13,898 *	7,412	53%
TSP 排出削減量 (t/年)	29,996	17,691	59%

* : 信陽市の具体的実施機関のヒアリングでNOx 目標値の誤りに
ついて訂正があったため、修正した数値を目標値とした。

焦作市	目標値 (2 年目)	実績値 (2012 年)	計画比	直近の実績値 (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (t/年)	45,152	21,923	49%	21,923
NOx 排出削減量 (t/年)	3,256	2,065	63%	2,065
TSP 排出削減量 (t/年)	14,300	13,403	49%	13,403

平頂山市	目標値 (2 年目)	実績値 (2011 年)	計画比	直近の実績値 (2011 年)
SO ₂ 排出削減量 (t/年)	3,510	3,914	112%	3,914
NOx 排出削減量 (t/年)	1,160	1,462	126%	1,462
TSP 排出削減量 (t/年)	4,860	7,244	149%	7,244

** : 具体的実施機関により提供された直近の実績値は2011 年の実績値。

信陽市	目標値 (2 年目)	実績値 (2009 年)	計画比	直近の実績値 (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (t/年)	7,230	478	7%	1,522
NOx 排出削減量 (t/年)	4,410**	293	7%	932
TSP 排出削減量 (t/年)	6,000	298	5%	951

*** : 信陽市のNOx 目標値は、審査資料では280 t/年であったが、具体的実施
機関のヒアリングで目標値の誤りについて訂正があったため、訂正された目標値
との比較とした。

駐馬店市	目標値 (2 年目)	実績値 (2011 年)	計画比	直近の実績値 (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	7,468	3,889	52%	5,830
NO _x 排出削減量 (トン/年)	5,072	3,592	71%	5,391
TSP 排出削減量 (トン/年)	4,836	3,193	66%	4,795

出所：目標値はJICA 審査時資料、実績値は質問票回答。

サブプロジェクトによって、また工業、民生、交通といった部門によって、天然ガスに転換された石炭の種類が異なるため、石炭単位当たりの汚染物質削減量が異なる。よって、ここでは各市の実績値を横並びで比較するのではなく、削減量に影響を及ぼした要因を分析する。

① 天然ガス転換の強制措置と優遇措置

国や省による環境改善に向けた政策を反映して、以下のような天然ガス転換への強制措置や優遇措置が各サブプロジェクト実施地でとられた。これが、石炭使用量を削減して事業の効果²¹を促進する要因となった。

表 11 サブプロジェクトで実施された強制措置・優遇措置とその効果

削減量	強制措置	優遇措置
焦作市 154 万トン (2012 年)	2005 年から市内中心部の石炭ボイラーや飲食店の汚染物質排出制限と違反に罰金を課した。 - 汚染物質排出工場の閉鎖、移転、生産品目の変更、汚染対策を一体化させた取り締まりを実施した。	市内中心部のボイラーや飲食店が天然ガスへ転換をする場合、その優遇策として、汚染物質排出量罰金が割引された。
平頂山市 3.5 万トン (2012 年)	- 市内中心部の石炭ボイラーの使用に対する取り締まりが行われた。 - 企業については、【中華人民共和国大気汚染防止対処法】第 48 条により、事業者が排出する汚染物質排出量が基準を上回った場合には県級以上の政府の環境保護行政主管部門が一万元以上 10 万元以下の罰金を課した。	なし。
信陽市	汚染企業に対する期限付きの是正と取り締まりが行われ、基準に達し	天然ガスへの転換を含んだクリーンエネルギーや省エネなどの技術更新プロ

²¹ 削減した石炭の量は、各サブプロジェクトへの質問票回答による数値。

2.31 万ト (2012 年)	ない場合には水や電気の使用停止と営業取り消しの措置が取られた。 ・ 汚染物質排出削減目標に基づき、毎月、環境保全当局が巡視と査定を行い、最終的な生産停止、営業停止を決定した。汚染物質排出については、「十五小」²²により金属加工業以外の企業に適用されることとなり、市内の 10 社あまりが操業停止の措置を受けた。 ・ 「新五小」²³により小規模発電機や小型石炭ボイラーも取り締まり・閉鎖の対象とされた。 ・ 新規事業の建設許可において、設計、施工、稼働時の環境アセスメントについて検査が強化され、環境保全基準に達しない建設プロジェクトは許可が否決されている。	ジェクトへの参加企業は発展改革委員会に申請したうえで、特別資金援助を受けることができる。
駐馬店市 N/A	・ 省政府から下達された省エネルギー・排出削減指標による大気汚染物質の排出基準に達していない企業に対して、市が操業停止、是正の命令をした。	なし。



図4 石炭ボイラー設備（信陽市内）



図5 火力発電所（信陽市内）

²² 信陽市の通達文書「環境汚染物質排出総量削減法案」（2010 年）。汚染源に対する具体的な改善命令や措置が記載されている。

²³ 同上の通達文書、環境汚染物質削減のための改善命令や措置について、小規模事業者も対象に加えられた。

② 大規模汚染源の天然ガス転換

大規模な固定汚染物質の排出源となっている工場などが、石炭から天然ガスへと燃料を転換した場合、それは大気環境汚染物質の濃度改善の貢献材料となる。平頂山市と信陽市では、化石燃料を大量に使用する汚染源が石炭から天然ガスに転換することにより、汚染物質の排出削減に貢献した。平頂山市では、「中国平煤神集团帘布公司」のボイラー、「河北鋼鉄集团舞鋼公司」の加熱炉の転換により SO₂ と NO_x を削減した。信陽市では、「蜀山高盛磁器有限公司」の磁器炉が強制措置により天然ガスに転換され、SO₂、NO_x の排出量が削減された。

省政府へのヒアリングでは、火力発電所も汚染源として挙げられている。河南省は石炭の産地でもあり、火力発電所で使用されている燃料はほとんどが石炭である。審査時 2002 年と 2012 年を比較すると、発電所のない信陽市以外の 3 市において、火力発電所の数は倍増している。一方、発電所の環境対策として、2003 年に公布された「火力発電所大気汚染物質排出基準法 (GB13223-2003)」と改定された同法 (GB13223-2011) で脱硫装置の設置が義務づけられるようになった。発電所数の増加による汚染物質排出量や環境対策による抑制効果を表すデータともに得られなかったが、インパクトの項でも述べるとおり、実施機関によれば火力発電量の増加による汚染物質排出量の負のインパクトは大きいということである。ただし、発電所の天然ガス転換は、「天然ガス利用政策 (2007 年、2012 年改定)」による制限対象から外れた場合、各市で火力発電所の天然ガス化が進む可能性もある。

③ 天然ガスと他燃料との価格差 (別添 3 参照)

工業部門の燃料価格を熱量当たりの換算値で比較すると、河南省全体においては 2008 年から 2012 年までの間に石炭ガスは天然ガスよりも 0.1~0.4 元安い価格であったが、2013 年には同額となった。平頂山市では、石炭ガスと天然ガスの価格は 2013 年に同額になったが、それ以前は石炭ガスが 0.1~0.19 元安価であった。石炭の価格は天然ガスよりはるかに安価で、河南省の工業部門との価格比較では、石炭は天然ガスの 3 分の 1 以下、信陽市の工業価格との比較では 10 分の 1 の価格²⁴であった。天然ガスに転換することで煤煙が出なくなり、機械のメンテナンスコストが削減されるメリットはあるが、天然ガスへの転換のための設備導入や改造費用に加え、燃料費の格差も阻害要因となった。

民生部門では、住民は居住地域に供給される都市ガスを選択することはできないが、都市ガス以外の LPG などの燃料は自主的に設置して使用することは可能である。ただし、LPG の価格は天然ガスの約 2 倍となるので、天然ガスへの転換の阻害要因にはならなかった。

²⁴ 「天然ガス転換計画試算表 2002 年 8 月」による安徽省蕪湖市回答データ。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 大気環境の改善

本事業は、天然ガスへの転換を促進し、大気環境の改善に寄与しようというものである。審査時に設定された指標は大気汚染物質（SO₂/NO₂/TSP/PM10/CO）濃度で、大気環境2級基準を満たしていたのは信陽市のみだった。評価時においても信陽市を除き、焦作市はNO₂以外の全ての値、平頂山市はNO₂、駐馬店市はTSPの濃度が目標の2級基準を満たしていない（別添4参照）。

河南省全体の大気汚染物質の排出量をみると、SO₂は2006年をピークに減り始め2009年からは横ばい傾向にある一方で、NO_xは増加しつづけている。逆にTSPは2006年以降大幅に減少している。このように物質によって排出量の状況は異なるものの、

河南省の年間汚染物質排出量に占める本事業による削減量の割合は、SO₂が1.99%、NO_xが0.46%、TSPが2.55%と政策目標と照らし合わせてみても小さくはなく、大気環境の改善に寄与しているといえる（別添5参照）。

表 12 河南省全体の主な大気環境汚染物質の排出量

(単位：トン/年)

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
SO ₂	937,230	1,038,928	1,256,011	1,624,530	1,624,383
NO _x	N/A	N/A	N/A	N/A	1,043,248
TSP	1,364,944	1,392,868	1,487,181	1,632,765	1,360,578
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
SO ₂	1,563,900	1,452,001	1,355,001	1,338,701	1,370,504
NO _x	1,103,447	1,126,716	1,193,067	1,212,395	1,665,363
TSP	1,127,567	900,259	846,154	773,484	668,216

出所：河南省政府への質問票回答（第二次現地調査）。

大気環境の改善が進まない要因は、人口増加や経済成長に伴う石炭使用量の増加や自動車保有台数の増加などによる影響と考えられる。

燃料別のSO₂、NO_x、TSP排出量をみると、下表のとおりSO₂、TSPの排出の増減には工業用石炭、NO_xにはガソリンの影響がそれぞれ強いことがわかる（表中ハイライト部分参照）。実施機関によれば、汚染物質発生源は影響の強い順に、火力発電所による化石燃料の使用、大規模工場による化石燃料使用、自動車の排気ガスとのことである。妥当性の項でも示したが、一次エネルギー需要増に伴って石炭使用量が火力発電所と大規模工場で増えたことが最も大きな要因である。以下に各要因の状況を記す。

表 13 燃料別の大気環境汚染物質排出量

石炭熱量 1 トン 当たりの排出量	SO ₂ (kg/トン)	NO _x (kg/トン)	TSP (kg/トン)
民生用石炭 1 トン	7.10	1.45	0.70
工業用石炭 1 トン	20.0	15.0	50.0
ガソリン 0.48 トン	2.4	39.36	0.432
重油 0.48 トン	4.8	8.16	0.456
石炭ガス 1,282 m ³	0.77	2.6	0
天然ガス 537 m ³	0.097	0.097	0

出所：JICA 審査時資料。

注：JICA が作成した天然ガス転換計画試算表（2002 年 8 月）に基づき、
評価者が石炭熱量に合わせて各物質の換算値を再計算した数値。

① 一次エネルギー別の使用量

各サブプロジェクト実施市について、2005 年と 2011 年のエネルギー使用量を比較した。表 14 からは 2005 年から一次エネルギー需要は平頂山以外の 3 市で増加していることがわかる。民生部門での石炭使用は焦作市以外で減少しているが、工業用は増加しており、全体の石炭の使用量は増加傾向にある。

表 14 一次エネルギー燃料の使用量比（2005 年対 2011 年）

	一次エネルギー	石炭			天然ガス	ガソリン	石炭ガス
		全体量	うち民生	うち工業			
河南省	158%	96%	49%	100%	113%	N/A	N/A
焦作市	132%	141%	141%	141%	818%	115%	N/A
平頂山市	93%	228%	57%	230%	408%	148%	193%
信陽市	115%	107%	N/A	107%	156%	N/A	N/A
駐馬店市	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

出所：質問票回答。

② 自動車保有台数

自動車保有台数は、サブプロジェクト実施全市で急増している。平頂山市は 2002 年の 10.9 万台から、2011 年には 40 万台と 369%増加した。信陽市は 2006 年から 2011 年の間に 29.9 万台から 90.2 万台へと 3 倍以上になった。自動車の排気ガスは特に NO₂ の排出量が高いため、平頂山市の NO₂ 濃度に影響があったと考えられる。全台数のうちディーゼル車²⁵が 74.2%を占めていることも影響している（表 16 参照）²⁶。平頂山市と信陽市では、自動車が天然ガス転換も行われているが、転換した車両はタクシーやバスといった公共交通がほとんどで²⁷、全車両に対する台数の割合は全体の台数比でそれぞれ 0.6%、2.77%と少ないため、大気環境改善効果は微少である。

²⁵ 中国自動車汚染防止対策年報（2010 年度）によると、中国全土の NO_x 排出量は 529.8 万トンで、燃料別でみるとガソリン車が 204.2 万トン（38.6%）、ディーゼル車 315.9 万トン（59.6%）天然ガス 9.7 万トン（1.8%）と、ディーゼル車両による排出量が約 6 割を占めている。

²⁶ 具体的実施機関へのヒアリングによると、公共交通用の車両を優先的に天然ガス化しており、輸送用の車両の天然ガス化は遅れている。

²⁷ 具体的実施機関へのヒアリング。

表 15 各市における自動車保有台数

(単位：万台)

	焦作市	平頂山	信陽市	駐馬店
2002 年	43.3	10.9	29.9	N/A
2011 年	61.8	40.0	90.2	11.7
増加率	143%	369%	302%	

出所：各市質問票回答。

注：信陽市は 2002 年のデータがないため、2006 年の数値を代用した。

表 16 燃料の種類と車両台数の内訳 (単位：万台)

平頂山市	ガソリン車	ディーゼル車	天然ガス車	台数合計
2002 年 台数	2.80	8.05	0	10.85
割合	25.8%	74.2%	0%	—
2011 年 台数	10.13	29.67	0.21	40.01
割合	25.3%	74.2%	0.6%	—

出所：平頂山市質問票回答。

信陽市	ガソリン車	ディーゼル車	天然ガス車	台数合計
2006 年 台数	26.6	3.2	0.1	29.9
割合	88.96%	10.70%	0.33%	—
2011 年 台数	78.3	9.4	2.5	90.2
割合	86.81%	10.42%	2.77%	—

出所：信陽市質問票回答。

3.3.1.2 住民の大気改善に対する認識

本事業の定性的な効果を確認するため、焦作市、平頂山市、駐馬店市において、石炭から天然ガスに転換した大口工業ユーザー付近の団地の各市住民 25 人を対象に、天然ガス転換による生活や環境への定性的な影響の調査を目的として、質問票調査を実施した。その結果は以下のとおり。

(1) 天然ガス利用状況

天然ガスへの転換理由については、他エネルギーと比較して「天然ガスの方が便利」と利便性を挙げた回答者が 87%、次いで「大気環境によい」76%、「天然ガスの方が、料金が安い」57%であった。回答者のうち 95%の世帯が調理器具、83%が給湯設備で利用しており、天然ガスを利用してから、96%が「利便性がよくなった」、72%が「器具²⁸の使用時間が短くなった」と回答している。コスト面では 71%が「利用料金が天然ガスの方が安い」と回答した。また、天然ガスを使用してから健康面で 80%、環境面で 88%が改善したと回答している。

²⁸ 調理、設備、暖房などの用途で使用している器具全般。

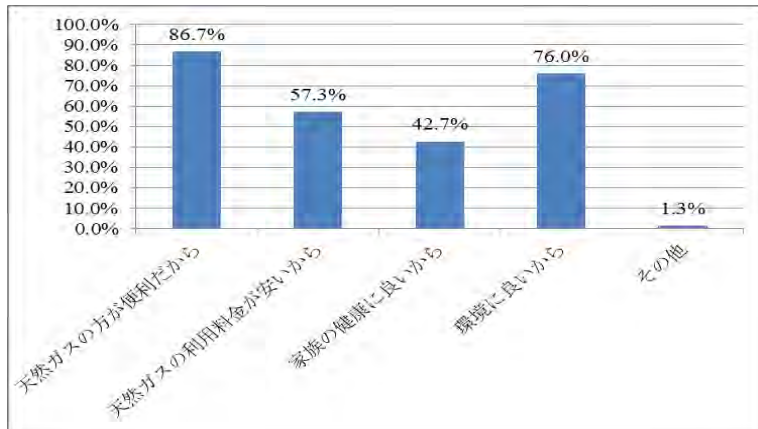


図6 天然ガスに転換した理由



図9 天然ガスの転換による利便性の変化

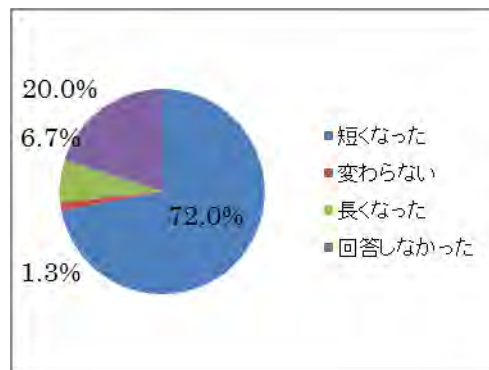


図8 天然ガス転換による器具の使用時間

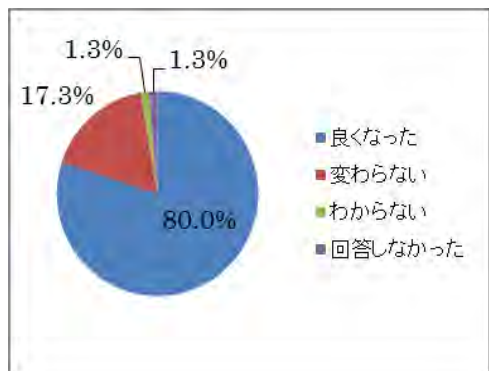


図9 天然ガス転換による健康状態の変化

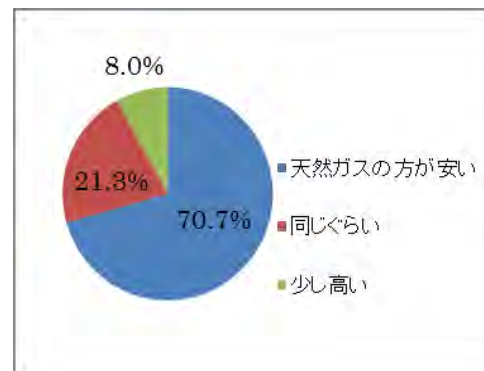


図10 天然ガス転換による一次エネルギー使用料金の变化



図 11 天然ガス利用による環境の変化

(2) 大気改善に対する認識

10 年前と比較して、大気環境が「かなり改善された」、「ある程度改善された」と回答したものは 89% だった。回答理由として石炭から天然ガスへの転換による影響があげられている。

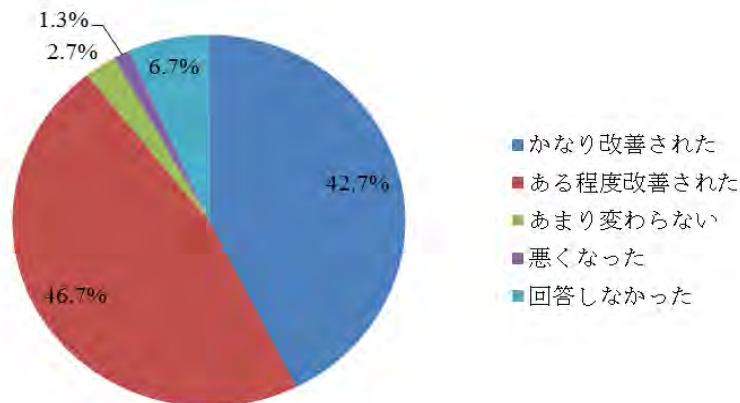


図 12 10 年前と今の大気環境の比較

(3) 生活環境の変化

10 年前と比較して、天然ガスへの転換によってアクセスや使用器具などの利便性が「かなり便利になった」、「ある程度便利になった」と回答したものは 93.4% にのぼった。その理由として、天然ガスが室内に直接引き入れられたことで液化石油ガス（LPG）のボンベ交換が不要になった、ガス事故や中毒がなくなったこと、また燃料の供給不足がなくなったことがあげられた。

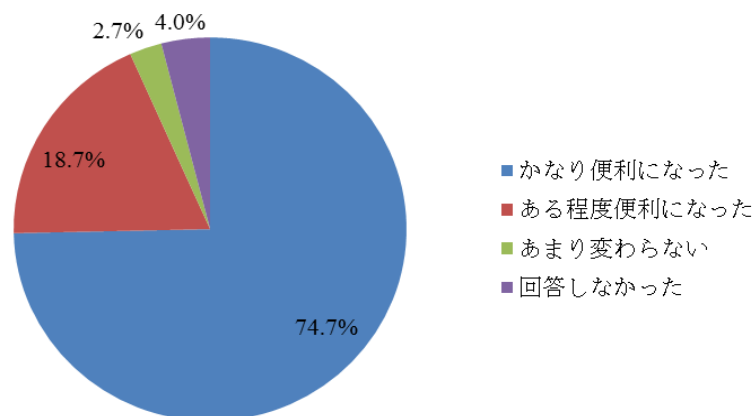


図 13 10 年前と今の生活環境の比較

サンプル数が少ないことから、この結果は本事業の受益者を代表するものではないが、サブプロジェクト実施地域において、天然ガスは大気環境の改善、及び利便性、健康、環境の観点から生活環境の改善に寄与していると認識されており、事業による一定の効果があつたことが確認された。

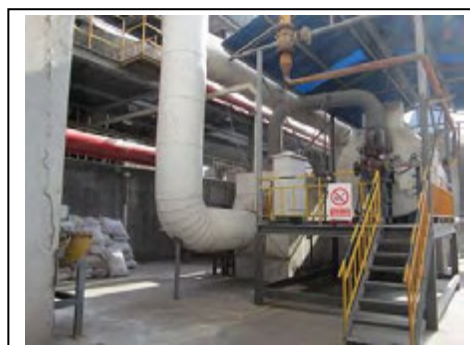


図 14 カスタマーセンター（平頂山市） 図 15 大口ユーザー設備（焦作市）

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 工業用ユーザーの経済的インパクト

協力が得られた焦作市、平頂山市、駐馬店市の大口天然ガス工業ユーザー7 企業に対して天然ガス転換の理由や使用状況の確認をするために質問票調査を行った。天然ガスへは重油、石炭、石炭ガスからの転換で、転換した理由として全ての企業が環境への影響を挙げ、次いで 85%が利便性、70%が価格の安さを挙げている。天然ガス転換にかかった費用は、10 万元から 5,000 万元とまちまちであるが、5,000 万元費用がかかった企業が回収に 2.5 年を要した以外、ほぼ全ての企業が 1 年で改造費用を回収できている。天然ガス導入前と後の費用については 4 社から回答があつた。そのうち 2 社は、重油と石炭からの転換で燃料費が 25%、30%削減された。無

煙炭からの転換をした企業は、15%の燃料費増であるがメンテナンスコストは95%減になった。石炭ボイラーのスチームからの転換をした企業では、費用が40%増でメンテナンスコストも30%増となった。このように、費用の面では必ずしも全ての企業にとって削減効果があるとはいえない。環境面においては、全ての企業で主要な汚染物質の削減に貢献しているという回答で、環境面の効果は高い。ただ、サンプル数が少なく、また天然ガスの使用量も7万～1.5億m³/年といった大企業ばかりであることから本事業の工業ユーザーを代表するデータとはいえない点に留意が必要である。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

本事業による用地取得は、4市合計で計画の55.9ヘクタールから78.58ヘクタール（計画比140%）へと増えた。取得金額は計画の152.3万元から210.93万元（計画比138%）へと増えた。取得面積・金額ともに信陽市は東部が河に囲まれた地形で、橋、鉄道などが複雑に配置されており、それらを避けた設備設置が必要となったため、計画の約4倍の面積を必要としたことが原因である。取得前の用途が遊休地などであった土地は計画より安価に取得できたが、駐馬店市は都市開発計画によって建設地が決められた結果、農業用地を取得することになった。農作物への補償も含んだ金額となり計画の約2倍の費用がかかった。

取得方法はいずれのサブプロジェクトも建設用地選定を行った後、市政府の建設部門に申請し、その後、市政府、サブプロジェクトが土地を所有する地方政府と調整を行う方法がとられた。市政府による審査や調整はスムーズに進んだが、焦作のみ、郷・鎮・村との調整に時間がかかり、工期に遅れをきたした。取得面積は計画の三分の一程度であった。費用はヘクタールあたり2.1万元の計画であったが、土地価格について地元政府との交渉が難航して最終的にはヘクタールあたり8.6万元かかることとなった。4市全てにおいて移転は生じていない。

表17 各サブプロジェクトの用地取得状況

	計画時			評価時		
	取得面積	金額(万元)	取得前の主な用途	取得面積	金額(万元)	移転・補償の有無
4市合計	55.9hr	152.3	—	78.58	210.93	—
焦作	6.7hr	13.79	建設用地	2.33hr	20.36	なし
平頂山	2.9hr	50.4	行政用地	3.48hr	31.56	なし
信陽	9.9hr	27.01	遊休地	36.37hr	27.01	なし
駐馬店	36.4hr	61.1	農業用地	36.4hr	132	農作物への補償

出所：質問票回答。

3.3.2.3 自然環境への影響

事業実施中は、国の基準に沿って重金属などによる水質・土壌汚染対策、汚泥処理、騒音・振動対策がとられ、供用開始後も自然環境への負の影響は発生していない。

以上のとおり、天然ガスの供給状況や各市政府による天然ガスへの転換優遇措置や強制措置の状況によって、サブプロジェクトの達成度にバラつきが出た。4市全体では天然ガス搬送量は計画の36%である一方、普及率については政府が民生部門を優先して転換した結果、計画比63%になった。汚染物質削減量の達成度は53%（SO₂48%、NO_x53%、TSP57%）であり、天然ガスへ転換することで大気環境の改善に寄与している。このように本事業の実施により一定の効果の発現がみられ、有効性・インパクトは中程度である。

3.4 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット

本事業における計画と実績は下表のとおりで、対象市が5市から4市になったことを除き、ほぼ計画通りに実施された。

表 18 アウトプット一覧表

	計画	実績
焦作市	供給地域：5 地域 ゲートステーション4 カ所 パイプライン 454.88km （高压管 60.34km、中压管 394.54km） ガスホルダー9 基 SCADA5 基	ほぼ、計画通り。 貯蔵方法の変更により、ガスホルダーの建設はとりやめた。
漯河市	供給地域：2 地域 ゲートステーション1 カ所 パイプライン 166.15km（中压管 93.6km、低压管 72.55km） ガスホルダー2 基 SCADA1 基 天然ガススタンド4 カ所	中止。
平頂山市	供給地域：4 地域 ゲートステーション2 カ所 パイプライン 910.51km（高压管 133.26km、中压管 177.25km、低压管 600km） SCADA1 基	計画通り。
信陽市	供給地域：8 地域 ゲートステーション10 カ所 パイプライン 1,346.6km（高压管 317.6km、中压管 451km、低压管 578km） ガスホルダー15 基 SCADA1 基 天然ガススタンド33 カ所	ほぼ、計画通り。 貯蔵方法の変更により、ガスホルダーの建設はとりやめた。
駐馬店市	供給地域：10 地域 ゲートステーション10 カ所 パイプライン 1,398.25km（高压管 293.6km、中压管 984.4km、低压管 120.25km） ガスホルダー3 基 SCADA2 基	ほぼ、計画通り。 貯蔵方法の変更により、ガスホルダーの建設はとりやめた。

焦作市、信陽市、駐馬店市のサブプロジェクトで貯蔵方法が変更になった。審査時は球形のガスホルダーを建設することを計画していたが、導管での備蓄に切り替えて建設を取りやめた。導管内の強化技術によって、より圧力をかけることで備蓄と併用することが可能となったためである。これによって、ガスホルダーの建設を予定していた土地が不用となったうえ、ガスホルダーの建設費用、メンテナンス費用を削減することができた。



図 16 SCADA (平頂山)



図 17 ゲートステーション内配管 (焦作)

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

総事業費は 36,388 百万円（うち円借款部分 19,295 百万円）を計画していた。漯河市の事業費を差し引いた総事業費 34,834 百万円（うち円借款部分 18,524 百万円）に対し、実績は 35,367 百万円（うち円借款部分 19,174 百万円）で、計画比 102%だった。

サブプロジェクトのうち、計画を 10%以上上回ったのは焦作市だけだった（詳細は別添 1 参照）。元々パイプラインの建設が計画されていた南部に新技術開発区の建設が決定されたため、その地域を避けたパイプライン建設計画に変更する必要が生じた。この建設計画の変更によって、結果的に天然ガスの供給は西気東輸のメインパイプラインから受けることとなり、ガス圧やルート変更に伴う設備・資材を調達しなければならなかったことが計画を上回った理由である。

3.4.2.2 事業期間

本事業の期間は 2003 年 3 月～2008 年 12 月（72 カ月）に対して、実際は 2003 年 3 月～2010 年 12 月（96 カ月／計画比 133%）と、計画を上回った。各市の実績は、焦作市（96 カ月／計画比 133%）、平頂山市（84 カ月／計画比 175%）、信陽市（60 カ月／計画比 125%）、駐馬店市（84 カ月／計画比 175%）だった（詳細は別添 2 参照）。

計画を大幅に上回った平頂山市では、公共事業実施に必要とされる事業実施地政府との間で営業許可契約が一部の県区で滞り、工事の竣工が遅れたことが原因である。駐馬店市では、2004 年から 2006 年にかけて西気東輸の供給量割り当てが計画より少なかったため、市内を優先させ

て、施設の建設も市中心部から行った。その分、県部の工事が遅れることとなり事業全体の進捗に遅れが生じた。

計画をやや上回った焦作市と信陽市の遅延の理由は次の通りである。焦作市では、FS 承認後に市街地の都市計画に変更があったため、メインパイプライン天然ガスを引き入れる高圧管やゲートステーションの建設場所が変更になり、遅延が発生した。信陽市は、市内東部が河に囲まれた地形で、橋、鉄道などが複雑に配置されており、それらを避けて工事を進めなければならず、計画よりも時間を要したことが主な原因である。また雨量の多い地域であるため施工に追加的な補強を行わなければならず、実際にはフィージビリティ・スタディより難易度の高い工事となったことも、建設の進度に影響を与えた。

3.4.3 財務的内部収益率（FIRR）

審査時における財務的内部収益率（FIRR）は、プロジェクトライフ 20 年、便益を料金収入、費用を建設費用、維持管理費用として計算された。評価時に同様の方法で再計算した結果は下表のとおりである。平頂山市、信陽市、駐馬店市はプラスの値であったが、焦作市はマイナスになった。天然ガスの販売量が見込みより低かったことが要因である。

表 19 財務的内部収益率

	審査時	評価時
焦作市	4.5%	マイナス
平頂山市	5.0%	7.0%
信陽市	3.4%	3.3%
駐馬店市	3.8%	3.6%

出所：審査時の値は JICA 審査時資料を参照、
評価時は質問票の回答から評価者が再計算をした。

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。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

(1) 実施機関

審査時には、重要事項の意志決定をする指導グループと事務局として円借款項目監理弁公室が設置された。評価時には、本事業に係わる資金の返済、管理運営の監督は河南省財政庁金融処が担っている。具体的実施機関の指導監督は、各市の発展改革委員会、環境に関する監督は省環境保護庁と各市環境保護局が行っている。定期的・不定期的にサブプロジェクトの訪問監督指導も行われており、監督機関の体制に問題はない。

(2) 具体的実施機関

審査時から実施主体の変更はないが、3 機関が組織の名称を変更、また平頂山市は出資形態が変更された。全ての具体的実施機関が、本事業実施前から、石炭ガスやLPGなどを供給していて、市街地では同じパイプラインを修繕・交換して天然ガスを供給している。このようにガス供給事業の運営施設管理の経験があるため、転換はスムーズに行われ、ガス供給施設の事故も起きていない。

表 20 具体的実施機関の組織名称

実施地	審査時名称	評価時名称	組織形態
焦作市	焦作市燃気熱力総公司	焦作中裕燃気有限公司	焦作市の国有企業 ²⁹
平頂山市	平頂山市燃気総公司	平頂山市燃気有限責任公司	国有独占出資→市の株式保有による国有企業
信陽市	信陽市弘昌管道燃気股份有限公司	変更なし	民営株式会社
駐馬店市	中原気化股份有限公司	河南藍天集团有限公司	民営株式会社

3.5.2 運営・維持管理の技術

(1) 実施機関

建設、施設の検査、環境管理は省政府の監督のもと市政府が実施している。施設検査や安全管理には、定期的、不定期的に建設局が訪問調査を行っており、パーツ交換といった細部までの監理の指導を行っている。安全管理については市警察による施設の保安協力、消防による防火対策指導がある。環境関連については、市環境局によるモニタリング訪問もある。省・市レベルの連携で、それぞれ専門の技術を有した機関が担当の運営監理に携わっており、技術能力に問題はみられない。

(2) 具体的実施機関

全ての具体的実施機関において、以下の理由から技術能力には問題はない。

1) 運営・維持管理の技術評価基準が設定されており、業務内容に応じた研修を受けた技術者が配置されている。運営維持管理の技術評価基準が設定され、技術者はその基準を満たすことが要求されている。技術力向上のための技術訓練の研修制度も確立されている。訓練ニーズは技術の進歩に伴い、毎年改訂されている。

2) 全ての具体的実施機関は国の安全規程に基づいた設備の管理、保守、点検計画を策定しており、その計画に基づいて管理を行っている。関連するマニュアルについては職員に研修が行われ、職場にコピーが配備されている。

²⁹ 所有と経営が分離されている国営企業は、国有企業に変更された。公有制の前提のもと株式制等を導入して資金を調達し、市場経済に適合する効率的な現代企業制度を確立することを目標にしている。

3) 現地踏査によって、設備の管理状況、保守点検体制に特に問題はないことが確認された。施設の巡回は毎時、保守点検記録は、毎時・毎日記録されており、設備に異常があった場合にはその内容ととられた対策が記録されている。また、異常があった際の手順についても職員に周知されている。

4) スペアパーツは交換が必要な部署がすぐに使用できる場所に準備されており、必要に応じて交換されている。



図 18 ゲートステーション内保安室
(駐馬店市)



図 19 施設周囲の環境 (焦作市)

3.5.3 運営・維持管理の財務

天然ガス料金は徴収体制が確立されており、徴収率もほぼ 100%であることから財務への悪影響は生じていない。末端ユーザーへの小売価格³⁰⁾は政府の物価局が設定する統制価格に供給会社の利益を載せた価格となっており、部門ごとに異なる料金が設定されている。民生部門へのユーザー価格は原価割れ、もしくは原価に近い価格で提供されているが交通や工業部門の収入で補填されている。

具体的事業実施機関の主な財務指標は経常収支が上昇して、安定的に経営が行われているため、財務面での持続性に問題はない (別添 6 参照)。4 市全ての具体的実施機関の自己資本率が審査時よりも大幅に低下して 20%前後になっているが、これは設備や事業への投資増によるものである。天然ガス関連設備の拡張が引き続き行われている成長期でもあり、企業の財務指標は安定しており問題はない。

³⁰⁾ 天然ガスのユーザーへの小売価格は、国家レベルで決定されるガス田からメインパイプラインを経て市のゲートステーションまでのシティゲート価格と、省レベルで決定される市内の価格を合わせた価格となる。

国家レベル：出荷価格＋パイプライン輸送費＝シティゲート価格

省レベル：シティゲート価格＋市内パイプライン輸送費（＋供給会社利益）＝小売価格

3.5.4 運営・維持管理の状況

全てのサブプロジェクトにおいて運営維持管理の状態が良好であることが確認された。施設には点検や修理に備えた予備設備が設置されている。設備の維持管理計画は、国の規程に準じて策定され、その計画に基づいた監理が行われており、監理記録、点検記録、マニュアルも整備されている。特に、メインパイプラインから天然ガスを市内に引き入れるゲートステーションは重要施設であるため、周囲を塀で囲んだ敷地内に設置し、24 時間体制の監視、人の出入りの監理、火気や静電気防止の対策が厳重にとられている。

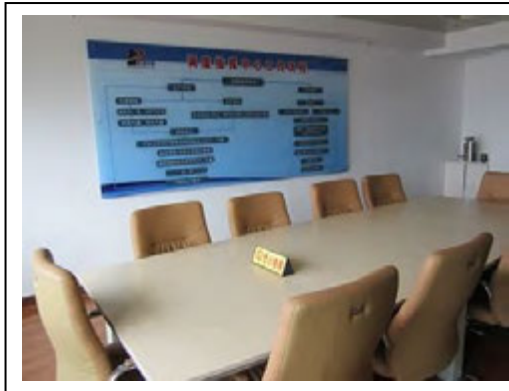


図 20 緊急時指揮所（平頂山市）

図 21 火気厳禁を示す看板（信陽市）

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、本事業の持続性は高いといえる。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

中国政府は大気環境を改善するために、クリーンエネルギーである天然ガス割合を上げ、汚染物質の排出総量を削減することを目標に掲げている。審査当時、河南省の4市のうち平頂山市、信陽市、駐馬店市の3市では、一次エネルギーにおける石炭などの化石燃料への依存度が9割を超えており、焦作市でもほぼ8割を依存している状況で、大気環境の悪化が深刻な問題になっていた。本事業は、国家プロジェクトの西気東輸の供給開始に合わせ、各市内の天然ガス供給施設を整備し、大気環境の改善を図ろうというもので、事業実施の妥当性は高い。初期段階で西気東輸の天然ガス供給不足の影響を受けたが、それも西気東輸の第二線の開通や他の供給源の確保により徐々に解消されている。建設された施設によって天然ガスの供給や転換も進んできている。大気環境に明らかな改善はみられないが、事業では化石燃料を天然ガスに転換することによって汚染物質の削減を促進しており、大気環境改善に貢献を続けていることから、有効性・インパクトは中程度と判断される。効率性に関しては、都市計画の変更などの影響で事業が遅れ、事業費も計画を若干上回ったことから、中程度と判断される。各市の天然ガス供給会社は、組織的、技術的、財務的な問題はみられず、省・市政府による運営監理、環境モニタリング、安全管理体制も整っており、持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

サブプロジェクト実施全市への天然ガス供給量不足によって、具体的実施者は天然ガスへの転換が本来ならば進められる地域や事業者の転換を抑えなければならず、これが事業目標の達成に大きく影響した。天然ガス事業の拡大とともに供給不足は各具体的事業実施機関の課題となった。具体的事業実施機関は伸び続けている天然ガス需要に対応するため、西気東輸パイプライン以外の天然ガス供給パイプラインや事業者からの購入を検討、もしくはすでに開始している。天然ガスの供給源を広げる以外に、天然ガスの種類拡大も検討されていて、炭層ガスなどの非従来型天然ガスや、新技術で無害化された石炭由来のガスなどが対象になっている。実施機関としては、天然ガス供給源を複数化し、安定的な供給ができるようにするとともに、限られた国内の天然ガスをどのように効率的に利用していくのか明確に示し、それを促進するための支援が望まれる。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

- (1) 計画時に設定する事業の効果・インパクト指標について、効果をより明確に表す指標を選定することが望まれる。本事業のインパクトの指標には大気環境汚染物質の濃度が設定されていた。しかし、大気環境の変化には一次エネルギー需要、火力発電所の稼働状況、自動車台数など、多くの要素が関わるため、本事業によるインパクトがどの程度であったかという数値を厳密に導き出すことは困難である。これが大気汚染濃度ではなく、河南省全体の大気環境汚染物質排出量及び削減量と本事業による汚染物質の削減量の比較であれば、有効性の指標である汚染物質削減量との両方をモニタリングすることにより、本事業の貢献度がどの程度かを分析することが可能になる。また、河南省全体の大気環境の状況も把握することもできる。

本事業の効果指標である汚染物質削減量の計算については、対象とする化石燃料は家庭用石炭、工業用石炭を基本としつつも、ディーゼルなどその他燃料を含むか含まないかはサブプロジェクトごとに異なっていた。審査時に作成した主要汚染物質の単位当たり排出量や汚染物質対策環境も、10年の時の経過により変化するため、科学的な精密さを追求するならば正確な数値を出すことは難しい。こういった複雑な計算を求められる削減量の代わりに、石炭（家庭用、工業用、商業用）、ガソリン、ディーゼル、灯油、都市ガス（石炭ガス）、液化石油ガス（LPG）など燃料の天然ガスに転換される量を指標として設定し、その推移を記録の方が簡易でわかりやすい。このように、事業の効果指標には具体的実施機関が業務で定期的に記録しているデータで、可能であれば一次的データにすることが望ましい。

- (2) 中国では天然ガスの国内生産量が需要に追いつかず、輸入が本格化するまでの間、供給量不足が発生した。本事業においても供給開始から数年間は、供給制限を受けながらの実施となった。その間は、民生部門が優先され、工業部門の転換が制限されて、目標達成が計画より遅れる結果となった。しかしそれだけではなく、天然ガス供給が安定した後にも、化石燃料削減と天然ガスへの転換を推進するための政策的措置が適切に行われることが必要である。市内中心部の石炭ボイラーに対する総合的で厳格な取り締まりを実施した平頂山市では、その結果、工業部門転換の遅れが回復し 2012 年には天然ガス搬送量の目標値を達成した。このように、国の開発計画やエネルギー政策に大きく左右されるような事業を実施する場合には、政府が時宜を合わせて、転換促進に向けた強制措置および優遇政策を適切にとっていくことが不可欠である。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット		
焦作市	ゲートステーション 4 カ所、パイプライン 454.88km（高压管 60.34km、中圧管 394.54km）、ガスホルダー 9 基	ガスホルダーは地下パイプライン内の貯蔵に変更したため、建設を取りやめた。他はほぼ計画通り。
平頂山市	ゲートステーション 2 カ所、パイプライン 910.51km（高压管 133.26km、中圧管 177.25km、低压管 600km）SCADA1 基	計画通り。
信陽市	ゲートステーション 10 カ所、パイプライン 1,346.6km（高压管 317.6km、中圧管 451km、低压管 578km）、ガスホルダー 15 基、SCADA1 基	ガスホルダーは地下パイプライン内の貯蔵に変更したため、建設を取りやめた。他は計画通り。
駐馬店市	ゲートステーション 10 カ所、パイプライン 1,398.25km（高压管 293.6km、中圧管 984.4km、低压管 120.25km）、ガスホルダー 3 基、SCADA2 基	ガスホルダーは地下パイプライン内の貯蔵に変更したため、建設を取りやめた。他は計画通り。
②期間	2003年3月～2008年12月 (72カ月)	2003年3月～2010年12月 (96カ月)
③事業費		
外貨	19,295百万円	19,174百万円
内貨	17,093百万円	16,193百万円
	(1,140百万円)	(1,156百万円)
合計	元)	35,367百万円
うち円借款分	36,388百万円	19,174百万円
換算レート	19,295百万円	1 元 = 14.0094円
	1 元 = 15 円	(2003 年 3 月～2010 年 12 月平均)
	(2003年3月現在)	出所：PACIFIC Exchange rate service University of British Colombia

別添資料

別添 1 事業費

	計画値			実績値			
	外貨 (百万 円)	内貨 (百万 円)	合計 (百万 円)	外貨 (百万 円)	内貨 (百万 円)	合計 (百万 円)	計画 比
1.焦作市	3,002	189.25	5,841	3,864	207.48	6,771	116%
2.漯河市	771	52.23	1,554	中止			
3.平頂山市	2,233	76.62	3,382	2,133	75.53	3,192	94%
4.信陽市	6,441	489.39	13,782	6,329	502.79	13,373	97%
5.駐馬店市	6,848	332.04	11,829	6,848	370	12,031	102%
5 市合計	19,295	1,139.53	36,388				97%
4 市合計	18,524	1,087.30	34,834	19,174	1,156	35,367	102%

為替レート 計画時 1 元＝15 円

評価時 1 元＝14.0094 円 事業期間中平均（2003 年 3 月～2010 年 12 月）

出所：PACIFIC Exchange rate service University of British Colombia

別添 2 事業期間の計画/実績の差異

（単位：月）

	計画		実績		差異
全体	2003 年 3 月～2008 年 12 月	72	2003 年 3 月～2010 年 12 月	96	133%
1.焦作市	2003 年 3 月～2008 年 12 月	72	2003 年 3 月～2010 年 12 月	96	133%
3.平頂山市	2003 年 3 月～2006 年 12 月	48	2003 年 3 月～2009 年 12 月	84	175%
4.信陽市	2003 年 3 月～2006 年 12 月	48	2003 年 3 月～2007 年 12 月	60	125%
5.駐馬店市	2003 年 3 月～2006 年 12 月	48	2003 年 3 月～2009 年 12 月	84	175%

注：事業完成の定義は、L/A 調印から河南省政府の検収完了まで。

信陽市と駐馬店市については検収完了時期を超えて一部の工事建設が行われていたため、質問票回答の工程表に基づき、本事業の範囲とされた全ての工事が終了した月を完了とみなした。

別添 3 燃料価格の推移と種類別比較

熱量当たりの都市ガス価格の比較（河南省）（単位：元/MKcal）

	天然ガス			石炭ガス	
	民生	工業	交通	民生	工業
2008	0.19	0.3	0.4	0.22	0.29
2009	0.23	0.3	0.4	0.22	0.29
2010	0.23	0.3	0.4	0.22	0.29
2011	0.23	0.33	0.43	0.22	0.29
2012	0.27	0.33	0.43	0.22	0.29
2013	0.27	0.33	0.43	0.22	0.33

出所：河南省質問票回答。

注：天然ガス熱量 8,400kcal/m³、石炭 7,000kcal/kg で計算。

熱量当たりの都市ガス価格の比較（平頂山市）
（単位：元/MKcal）

	天然ガス			石炭ガス	
	民生	工業	交通	民生	工業
2005		0.2		0.19	0.19
2006	0.25	0.22		0.19	0.19
2007	0.22	0.23		0.19	0.19
2008	0.22	0.27	0.38	0.19	0.19
2009	0.22	0.27	0.37	0.21	0.24
2010	0.23	0.3	0.4	0.26	0.33
2011	0.24	0.32	0.39	0.26	0.33
2012	0.26	0.32	0.37	0.26	0.33
2013	0.26	0.33	0.42	0.26	0.33

出所：平頂山市質問票回答。

注：天然ガス熱量 8,400kcal/m³，石炭 7,000kcal/kg で計算。

熱量当たりの都市ガス価格の比較（信陽市）
（単位：元/MKcal）

	天然ガス			LPG
	民生	工業	交通	民生
2007	0.637	0.637	0.721	0.978
2008	0.637	0.637	0.721	1.142
2009	0.637	0.637	0.721	1.195
2010	0.637	0.748	0.79	1.254
2011	0.637	0.748	0.79	1.33
2012	0.637	0.748	0.79	1.413

出所：信陽市質問票回答。

注：天然ガス熱量 8,400kcal/m³，石炭 7,000kcal/kg で計算。

別添 4 事業によるインパクト

大気環境基準(GB3095－1996 年制定)*

年平均値 (g/m ³)	日本の 環境基準 **	1 級基準	2 級基準	3 級基準
SO ₂ （二酸化硫黄）	0.04	0.02	0.06	0.10
TSP（全浮遊粒子状物質）	0.10	0.08	0.20	0.30
NO ₂ （二酸化窒素）	0.04－0.06	0.04	0.04	0.08
PM10（大気中浮遊 粒子状物質）	0.04	0.04	0.10	0.15
CO（一酸化炭素）	10	4.0	4.0	6.0

*：大気環境基準（GB3095－2012）では基準値に変更はなし。目標達成年度が都市によって指定されている。

**：1 時間値の 1 日平均値。

サブプロジェクトの大気汚染物質の濃度の改善
目標値を超過している数値はハイライトで示し、また前年から増加している数値は右側に上向きの矢印をつけた。

(単位：mg/m³)

1. 焦作市

観測所平均値 2 級基準

年平均値 (mg/ m ³)	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2002 年	2005 年	2010 年
SO ₂	0.06	0.06	0.047	0.042	0.064 [↑]
TSP	0.2	0.2	0.478	0.43	0.4
NO ₂	0.04	0.04	0.046	0.042	0.031
PM10	0.1	0.1	5.0	5.0	5.0
CO	4	4	6	5	6

出所：焦作市質問票回答。

3. 平頂山市 市区建設路市科技局付近観測所

目標値：第 10 次～第 12 次 2 級基準

年平均値 (mg/ m ³)	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2002 年	2005 年	2011 年
SO ₂	0.06	0.06	0.054	0.067 [↑]	0.059 [↑]
TSP	0.2	0.2	0.191	0.147	0.094
NO ₂	0.04	0.04	0.042	0.043 [↑]	0.042
PM10	0.1	0.1	0.191	0.147	0.094
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所：平頂山市質問票回答。

4. 信陽市 信陽市平橋環境大気観測所

目標値：第 10 次 2 級、第 11 次～第 12 次 2 級基準

年平均値 (mg/ m ³)	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2000 年	2007 年	2011 年
SO ₂	0.06	0.06	0.02	0.028 [↑]	0.03 [↑]
TSP	0.2	0.2	0.08	N/A	N/A
NO ₂	0.04	0.04	N/A	0.018	0.018
PM10	0.1	0.1	N/A	0.073	0.098 [↑]
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所：信陽市質問票回答、2002 年データがないため、河南省政府による質問票回答による 2001 年の大気状態の等級（SO₂ 一級、TSP2 級の数値を代用する。）

5. 駐馬店市 彩印観測所（市国電有限公司から南に 15km）

目標値：第 10 次 2 級

年平均値 (mg/ m ³)	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2004 年	2005 年	2010 年
SO ₂	0.06	0.06	0.05	0.053 [↗]	0.037
TSP	0.2	0.2	N/A	N/A	N/A
NO ₂	0.04	0.04	0.033	0.037 [↗]	0.028
PM10	0.1	0.1	0.078	0.083 [↗]	0.106 [↗]
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所：駐馬店市質問票回答

別添 5 大気環境汚染物質排出削減への貢献度

サブプロジェクト 4 市による大気環境汚染物質の削減量

（単位：トン/年）

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
SO ₂	N/A	N/A	1,717	5,157	6,569	8,387	9,959	12,359	17,636	27,209
NO _x	N/A	N/A	469	983	1,345	2,192	2,416	3,128	4,432	7,626
TSP	N/A	N/A	725	1,765	2,208	3,285	4,413	5,945	9,524	17,035

サブプロジェクトの河南省の排出量への貢献割合

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
SO ₂	N/A	N/A	0.14%	0.32%	0.40%	0.54%	0.69%	0.91%	1.32%	1.99%
NO _x	N/A	N/A	N/A	N/A	0.13%	0.20%	0.21%	0.26%	0.37%	0.46%
TSP	N/A	N/A	0.05%	0.11%	0.16%	0.29%	0.49%	0.70%	1.23%	2.55%

別添 6 財務関連の主な指標

焦作市 財務指標（2010 年～2012 年平均値）

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率（%）	N/A	3.4%	
営業利益率（%）	3.6%	6.8%	3.2%
税引き前利益率（%）	0.4%	8.2%	7.8%
経常収支率（%）	89.7%	128.6%	38.9%
自己資本率（%）	66.9%	19.5%	Δ47.4%

平頂山市 財務指標（2010 年～2012 年平均値）

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率（%）	N/A	2.2%	
営業利益率（%）	Δ0.3%	3.7%	4.0%
税引き前利益率（%）	Δ0.5%	3.6%	4.1%
経常収支率（%）	114.9%	305.4%	194.6%
自己資本率（%）	77.5%	28.3%	Δ49.2%

信陽市 財務指標（2010 年～2012 年平均値）

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率（%）	N/A	1.2%	
営業利益率（%）	9.7%	25.8%	16.1%
税引き前利益率（%）	9.1%	22.4%	13.3%
経常収支率（%）	173.0%	296.1%	123.1%
自己資本率（%）	65.0%	25.3%	Δ39.7%

駐馬店市 財務指標（2009 年～2011 年平均値）

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率（%）	N/A	1.1%	
営業利益率（%）	11.3%	4.6%	Δ6.7%
税引き前利益率（%）	14.0%	4.8%	Δ9.2%
経常収支率（%）	119.2%	135.7%	16.5%
自己資本率（%）	39.3%	18.4%	Δ20.5%

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、事後評価時には具体的実施機関から提供された財務諸表。

以上

中華人民共和国

安徽省大気環境改善事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 岸野 優子、早瀬 史麻

0. 要旨

中国政府は大気環境を改善するために、クリーンエネルギーである天然ガスの一次エネルギー消費量に占める割合を引き上げ、汚染物質の排出総量を削減することを目標に掲げている。安徽省では審査当時、その8割以上を石炭に依存し、石炭燃焼に伴う汚染物質の排出により大気環境の悪化が深刻な問題になっていた。本事業は、国家プロジェクトである西気東輸¹の供給開始に合わせて、安徽省8市において天然ガス供給施設を整備し、大気汚染物質を削減しようというもので、実施の妥当性は高い。天然ガスの供給や転換も順調に進んでおり、本事業の目的は概ね達成されたと評価できる。対象都市の主要汚染物質はごく一部を除き国家大気環境2級基準を満たしており、大気環境へもプラスのインパクトをもたらしている。効率性に関しては、都市計画の変更の影響で事業が遅れ、事業費も物価の上昇により計画を若干上回ったことから、中程度と判断される。各市の天然ガス供給会社は、組織的、技術的、財務的に特段の問題はみられず、省・市政府による運営監理、環境モニタリング、安全管理体制も整っており、持続性は高い。

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



西気東輸パイプラインと安徽省



SCADA システム（合肥市）

1.1 事業の背景

中国は急速な経済成長をとげる反面、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。中国政府は特に1990年代後半以降、環境保護政策を強化し一定の成果をあげてきたが、汚染状況は依然、深刻なレベルにあった。

¹ 中国西部の新疆ウイグル自治区のタリム油田で採掘された天然ガスを総延長約4,000kmのパイプラインを建設して、東部沿岸地域まで上海などの大都市に輸送する国家プロジェクトで、第一線は2004年に全区間完成した。

審査時における大気環境は、石炭の燃焼による硫黄酸化物（SO_x）、煤塵、自動車による排出を含む窒素酸化物（NO_x）などによる汚染が深刻であった。経済活動の拡大に伴って、地球温暖化の原因物質である二酸化炭素（CO₂）排出抑制も喫緊の課題となっていた。

安徽省においても、急速な経済成長に伴い一次エネルギー消費量は急増し、1991年から1999年までの成長率は70%に達した。なかでも石炭は、工業用、発電用、各家庭の暖房などの民生用にも広く利用され、その消費量は増え続けていた。対象8市のうち4市において、総浮遊粒子物質（TSP）が国家大気環境2級基準を満たしておらず、SO₂、NO_xについても、このまま石炭依存を続けた場合には基準を満たせなくなることが懸念されていた。このような状況のもと、第10次五カ年計画の重点プロジェクトとして西気東輸事業と本事業が計画された。

1.2 事業概要

安徽省の8市（巢湖市、滁州市、阜陽市、合肥市、淮南市、馬鞍山市、銅陵市、蕪湖市）²において、天然ガス供給設備を整備することにより、石炭等の燃料の天然ガスへの転換を図り、もって大気環境の改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	18,558 百万円 / 18,538 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2002 年 11 月 / 2003 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／安徽省人民政府
貸付完了	2010 年 7 月
本体契約 （契約金額 10 億円以上）	Hubei International Trade Investment & Development Co., LTD.（中国）
コンサルタント契約	なし
事業化調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	各サブプロジェクトのフィージビリティ・スタディ（2001 年 1 月）
関連事業	なし

本事業は、国家プロジェクトである西気東輸、中国西部の新疆ウイグル自治区から上海までの天然ガスメインパイプラインを建設する事業に合わせて計画された円借款事業である。上海までのパイプラインの途中に位置する安徽省の8市に供給設備を建設し、大気環境汚染の原因となっている石炭などの化石燃料をクリーンエネルギーである天然ガス

² 借款契約に含まれていたのは8市であったが、2003年の契約締結後まもなく巢湖市が円借款利用を辞退し、中止になった。そのため本事業は滁州市、阜陽市、合肥市、淮南市、馬鞍山市、銅陵市、蕪湖市の7市によって実施された。

へ転換しようというものである。

西気東輸のメインパイプライン建設は、ガス田から天然ガスを供給する中国石油が行う。図1のとおり、メインパイプラインが敷設され、サブプロジェクトのうち、阜陽市、淮南市、合肥市、滁州市がメインパイプラインから直接供給を受け、馬鞍山市、蕪湖市、銅陵市はメインパイプラインに接続されたサブパイプラインから供給を受けている。



図10 天然ガスメインパイプライン（西気東輸）とサブプロジェクト位置図

円借款事業の範囲は、各市の具体的実施機関である天然ガス供給会社の設備で、メインもしくはサブパイプラインから市への入り口となるゲートステーションと、そこから市内の民生、工業、交通ユーザーなどに供給するための調圧設備、パイプライン、天然ガスステーションや天然ガスを貯蔵するガスホルダーなどが含まれている。図2に天然ガス供給の流れと円借款の事業範囲を示す。

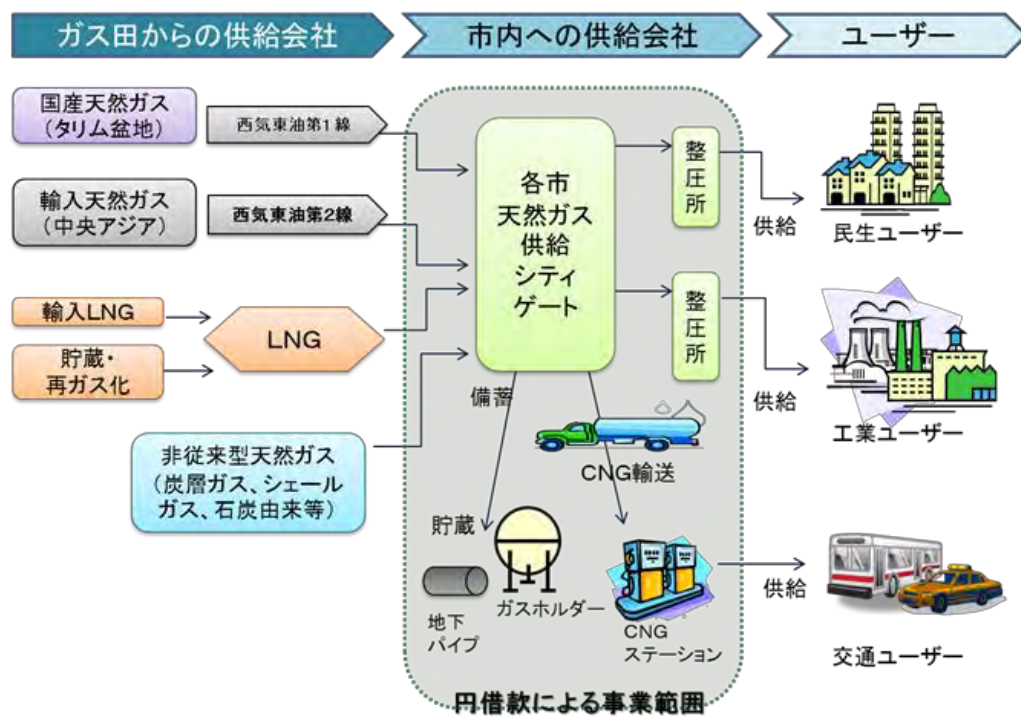


図 11 天然ガスの供給フロー

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

岸野 優子、早瀬 史麻（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11月

現地調査：2013年4月9日～4月18日、2013年8月1日～8月3日

2.3 評価の制約

特になし。

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

（1）審査時の開発政策

中国政府は1994年に経済成長と環境保全の両立を図る「中国アジェンダ21」を策定。これを踏まえた第9次五カ年環境保護計画（1996～2000年）では、2000年までに二酸化硫黄（SO₂）、煤塵などの主要な汚染物質の総排出量を1995年レベルに抑制する規制目標を掲げ、工場汚染対策、都市ガスなどの都市環境基盤整備に取り組んだ。また、1998年に「二区」と呼ばれる「SO₂汚染規制区（おもに長江以北）」と「酸性雨規制区（おもに長江以南）」を指定し、汚染対策を実施してきた。当初の目標は達成されたものの、大気汚染は依然として深刻だった。

第10次五カ年環境保護計画（2001～2005年）では、さらなる環境改善を図るため、主要な汚染物質の総排出量を対2000年比10%削減することを目標とした。大気についてはSO₂汚染規制区と酸性雨規制区におけるSO₂排出量を20%削減する目標を掲げた。

安徽省政府は、安徽省第10次五カ年計画（2001～2005年）において、エネルギー構造の最適化を図り、エネルギー効率を高めるため、石炭などの化石燃料から天然ガスへの転換を加速させることを目指した。そして、SO₂、二酸化窒素（NO₂）、TSP⁵の濃度を国家大気環境2級基準値以内にすることを目標に掲げた。これを実現するため、上記のクリーンエネルギーへの転換に加え、クリーナープロダクションの導入、クリーンコールの利用、重点汚染源の閉鎖を施策に掲げた。また、SO₂排出削減に関する研究、特に大手電力企業の環境汚染物質の処理とリサイクルにむけた実用的な施設の導入と建設を奨励した。

（2）事後評価時の開発政策

国民経済・社会発展第11次五カ年計画（2006～2010年）では、エネルギー単位消費量を20%前後低減し主要汚染物質の排出総量を10%削減することを目標に掲げ、循環型経済の発展、自然生態系保護、環境保護、資源管理の強化を実施するとした。第12次五カ年計画（2011～2015年）では、大気環境改善に向けてCO₂排出量17%、SO₂排出量8%、NO_x排出量10%削減を目標に掲げている。エネルギー単位消費量を16%抑制し、エネルギー構造の調整・最適化によって、安定的・経済的に安全でクリーンな現代エネルギー産業システムの構築を目指すとしている。一次エネルギーにおける天然ガスの割合を2010年の4%から2015年には8.3%に引き上げる目標を掲げている。

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 合肥市、淮北市、蕪湖市、馬鞍山市、銅陵市など。そ例外の都市は3級基準を達成することを目標とした。

その安定的な供給のため、パイプライン主要網の整備を進め、炭層メタンガスやシェールガスといった非在来型天然ガス資源の開発と利用を推進している。

国家環境保護五カ年計画においても大気環境改善は重点分野に位置付けられている。第11次（2006～2010年）では、113の環境保護重点都市と都市郡の総合的な大気環境改善を重点課題に挙げ、GDP1単位当たり⁶に占めるエネルギー消費量の20%低減、主要汚染物質の排出総量の10%低減を目指している。第12次（2011～2015年）では、主な大気汚染物質の排出総量を引き続き削減し、全国の二酸化硫黄排出総量を2010年比10%削減、重点産業と重点地域のアンモニア態窒素の排出総量を同比10%削減することを目標に挙げている。安徽省でも、引き続きクリーンエネルギーの利用拡大とエネルギー構造の転換を図り、低炭素化を進めるという施策を掲げている。

国家发展改革委員会は、2007年8月に「天然ガス利用政策」を発表し、天然ガスの需給ギャップが拡大する中で、大気改善のために民生・商業への利用を最優先とし、産業や発電への利用を制限した。2012年10月の改定による新政策では、政策の適用範囲を従来型天然ガスから、シェールガス、石炭層ガス、石炭由来の合成天然ガス（SNG）に広げ、利用拡大を後押ししている。新政策では、天然ガスを燃料とする公共交通バスやタクシー、物流、船舶、貨物車などの交通分野、集中暖房とエアコン、建材、電気、紡績、石化、冶金など工業部門の燃料転換を優先し、利用拡大を図ることとしている。

本事業は、天然ガス転換を推進することによって、大気環境の改善を目指す取り組みであり、計画時、評価時ともに政策との整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

3.1.2.1 天然ガス転換のニーズ

表1のとおり、安徽省では審査時以降、二桁台の実質GDP成長率を記録した。表2からは、2001年に5,215万トンだった一次エネルギー消費量が2011年には2倍以上になったことが確認できる。表3の種類別消費量をみると、石炭の占める割合は2001年の84.3%から2011年の88.5%へと増加し、一方で天然ガスの占める割合は評価時点でも2.4%と低いことがわかる。石炭の部門別消費量では、民生用は2005年の5.5%から2011年の1.8%へと減少しているが、工業用はそれぞれ82.8%から86.7%へと逆に増えている。このように特に工業部門の石炭燃焼による大気環境への負の影響は引き続き課題とされ、天然ガス転換の政策的ニーズは高い。

⁶ 一単位のGDPをあげるために必要なエネルギー量。

表 13 安徽省と中国（全国平均）の実質 GDP 成長率

	2002 年	2004 年	2008 年	2010 年
安徽省	9.6%	13.3%	12.7%	14.6%
中国	9.1%	10.1%	9.6%	10.4%

出所：中国統計年鑑、安徽省統計年鑑。

表 14 安徽省における一次エネルギー消費量

（単位：万トン/年）

2001 年	2005 年	2011 年	増加率 (2001 年比)
5,215	6,564	11,118	213%

出所：計画値は JICA 審査時資料、実績値は安徽省からの質問票回答。

表 15 安徽省における一次エネルギー消費量の内訳

	2001 年	2005 年	2011 年	2005 年 /2011 年比
石炭	84.3% 民生用 N/A 工業用 N/A	88.3% 民生用 5.5% 工業用 82.8%	88.5% 民生用 1.8% 工業用 86.7%	全体 +0.2% 民生用 -3.7% 工業用 +3.9%
石油	15.6%	9.0%	6.2%	- 2.8%
水力	0.1%	0.7%	0.9%	+ 0.2%
天然 ガス	0%	0.2%	2.4%	+2.2%
その 他	0%	0%	0.6%	+ 0.6%

出所：2001 年のデータは JICA 審査時資料、他は安徽省統計年鑑。

3.1.2.2 サブプロジェクト選定の妥当性

サブプロジェクトは西気東輸のパイプラインルートとの地理的条件、事業の準備状況や自己資金力、返済能力をクライテリアとして、省によるシンポジウム形式によって、申請のあった 12 市のサブプロジェクトから最終的に 8 市が選定された。審査時の第二次産業の割合は合肥市 43%、馬鞍山市 49%、銅陵市 51%、蕪湖市 59%と、安徽省全体 38%と比較しても高く、工業部門での石炭需要の大幅な増加が予想され、それに伴う大気環境汚染が懸念されていた。

サブプロジェクトは明確なクライテリアによって選定されており、選定された市では天然ガス転換と大気環境改善のニーズともに高く、サブプロジェクト選定は妥当であったと判断できる。

表 16 安徽省と対象市における第一次産業と二次産業の割合の変化

	審査時（2002 年）		評価時（2011 年）		第二次産業 比
	第一次	第二次	第一次	第二次	
安徽省	22%	38%	13%	54%	+16%
滁州市	25%	39%	20%	52%	+13%
阜陽市	41%	25%	27%	35%	+10%
合肥市	8%	43%	6%	55%	+12%
淮南市	N/A	N/A	8%	65%	-
馬鞍山市	12%	49%	6%	68%	+19%
銅陵市	6%	51%	2%	75%	+24%
蕪湖市	8%	59%	7%	63%	+4%

出所：安徽省政府、各サブプロジェクト質問票回答。

注：審査時の数値について、滁州市は 2003 年、蕪湖市は 2004 年の数値を使用。

表 17 審査時と評価時の人口、都市人口

（単位：万人）

	人口			都市人口		
	審査時	評価時	増加率	審査時	評価時	増加率
	2002 年	2011 年		2002 年	2011 年	
安徽省	6,369	6,876	104%	1,886	2,674	142%
滁州市	433	452	104%	97.6	100.2	103%
阜陽市	898	1,040	116%	123.3	170.7	138%
合肥市	448	711	159%	153.5	259.9	169%
淮南市	207	246	119%	108	144.2	134%
馬鞍山市	122	228	187%	54.2	81.5	150%
銅陵市	70	74	106%	37.2	55.5	149%
蕪湖市	225	385	171%	102	145	142%

出所：安徽省政府、各サブプロジェクト質問票回答。

注：審査時では滁州市は 2003 年、蕪湖市は 2004 年の数値、評価時では淮南は 2010 年の数値を使用。

2003 年の円借款契約（Loan Agreement: L/A）締結後まもなく、8 市のうち巢湖市が中止になった。実施機関への聞き取りによると、巢湖市の具体的事業実施者であるガス会社が民間からの投資を受けることとなったため円借款利用を辞退し、国際協力機構（JICA）と協議した結果、中止が決定された。差し替えの対象となるサブプロジェクトもなかったため、対象を 7 市とした。L/A 契約変更は行われず、目標値も変更されなかった。差し替えの必要性がなかった状況下、対象を 7 市としたこと自体に問題はない。ただし、審査時に両国で本事業の天然ガス搬送量や汚染物質

削減量の具体的数値目標を合意したからには、サブプロジェクト数の変更を受けて、これらの目標値を変更したほうが管理上適切だったといえる。なお、7市の事業は順調に実施され、事業も継続している。辞退した巢湖市でも天然ガスへの転換が順調に進んだということである。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時には、日本政府による「対中経済協力計画」、円借款の「海外経済協力業務実施方針」と2002年度国別業務実施方針において、「環境保全」に重点が置かれていた。国別実施方針で酸性雨や地球温暖化の原因物質の排出を効果的に削減することが大気環境分野の課題とされていた。そのためには、石炭依存度を低下させ、天然ガスなどクリーンエネルギーへの転換が必要とされていた。排煙脱硫装置の設置といった既存施設への環境対策を通じた汚染物質削減、汚染物質の発生最小化と省エネを眼目としたクリーナープロダクション、クリーンコールテクノロジー、再生可能エネルギーの普及を支援するとしていた。円借款の支援方針では、天然ガスへの転換事業が重点対象の一つとされ、ソフト面の支援では環境行政能力向上、地方自治体との連携強化によるノウハウ移転が掲げられていた。

国別援助方針にあたる対中国経済協力計画（平成13年度策定）では、中国における長期的な取り組みが必要な環境保護の課題の一つとして大気環境改善を挙げている。環境保護は援助の重点分野の第一番目の課題「地球規模の問題に対処するための協力」の中に位置づけられている。

以上より、本事業は中国政府、安徽省政府の開発政策、環境、エネルギーセクターの開発ニーズ、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（レーティング：③⁷⁾

本評価では、審査時設定のとおり、天然ガス搬送量、普及率⁸⁾、大気環境汚染物質（SO₂、NO_x、TSP）削減量を有効性の指標として用いる。目標年次としては審査時に事業完成から1年目、2年目、7年目が設定され、それぞれの目標値が定められていた。本評価時点で完成から7年目、あるいは7年を経過したサブプロジェクトはないため、各サブプロジェクトが完成した年から2年目の目標値と実績値を比較してレーティングを行った。各サブプロジェクトの評価対象年は滁州市2009年、阜陽市2009年、合肥市2010年、淮南市2008年、馬鞍山市2009年、銅陵市2008年、蕪湖市2009年となる。

⁷⁾ 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。

⁸⁾ 天然ガス普及世帯/世帯数。

3.2.1 定量的効果

(1) 搬送量

事業完成2年後の7市の一日当たりの天然ガス搬送量の合計は、目標 220 万 8,000m³ に対し、182 万 3,301m³ で計画比 83% だった。サブプロジェクト別では、滁州市 103%、阜陽市 137%、合肥市 135%、淮南市 22%、馬鞍山市 105%、銅陵市 54%、蕪湖市 81% で、滁州市、阜陽市、合肥市、馬鞍山市が目標を達成し、蕪湖市がほぼ目標を達成した。目標を達成できなかった銅陵市と淮南市は計画を大きく下回った。

表 18 天然ガス搬送量 (単位：m³/日)

搬送量	目標値 2 年目	実績値 2 年目	計画比
7 市の 合計	2,208,000	1,823,301	83%
滁州市	258,000	222,810 (2009 年)	103%
阜陽市	118,000	161,387 (2009 年)	137%
合肥市	3940,000	531,801 (2010 年)	135%
淮南市	440,000	98,989 (2008 年)	22%
馬鞍山市	252,000	263,972 (2009 年)	105%
銅陵市	225,000	122,424 (2008 年)	54%
蕪湖市	521,000	421,918 (2009 年)	81%

出所：目標値は JICA 審査時資料、実績値は各市質問票回答。

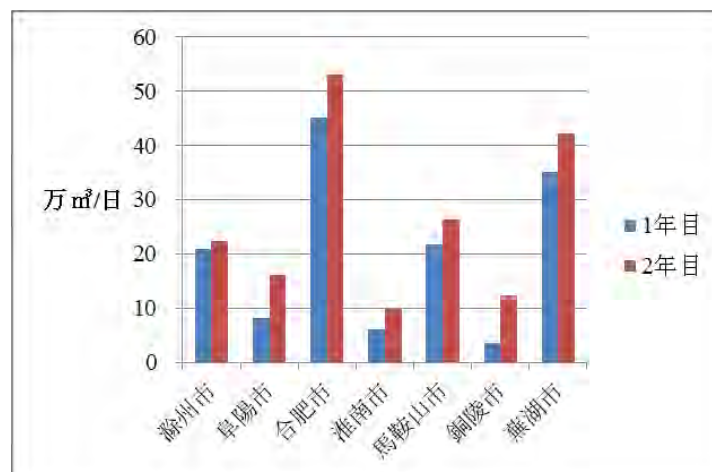


図 12 各サブプロジェクトによる天然ガス搬送量の推移

2007 年に国家發展改革委員会によって「天然ガス利用政策」が公布された⁹。この政策により、各市において民生部門への供給が最優先され、主な天然ガスユーザーに想定されていた工業分野への供給は制限された。サブプロジェクトによって達成度に差が出た要因として以下が考えられる。

- 西気東輸の供給元である中国石油と具体的実施機関の間で、本契約の前段階に天然ガス供給量や圧力などの条件についての確認内容を記した意向書が取り交わされるなど、綿密な計画に基づき目標値が設定されていたか。

- 天然ガス転換によるメリット（政府による支援措置や価格面での優遇措置）があったか、天然ガスへの強制転換措置が取られたか（詳細は(3) 主要汚染物質の削減量参照）。

目標を達成した滁州市（計画比 103%）では、審査時に大口石炭ユーザーとの間、及び交通部門で意向書が交わされており、事業の計画がこれらの正確な天然ガス転換対象の情報に基づいて作成され、目標値も妥当に設定されていたことが大きい。

阜陽市（計画比 137%）では、工業・商業部門の天然ガス転換が全体の搬送量の 77%を占めるという計画だったが、実際は工業 2.4%、商業約 17%であった。審査時に転換を見込んでいた大口ユーザーが評価時まで倒産したり、新設されるはずだった工場が建設半ばで止まったりしたことが主な原因である。また、グループ企業内に炭鉱があり、石炭の供給が安価にできるので転換しないという企業も計画に含まれていた。しかし工業・商業部門が伸び悩んだ一方で、交通部門は予測の 2%を大幅に上回る 60%、民生部門も計画とほぼ同率で順調に伸びたため目標が達成された。

合肥市（計画比 135%）は、計画では 8 割以上を占めると予測していた工業部門は 37%に留まった。その一方、民生部門の転換割合を全体の 10%以下と見込んでいたが、「天然ガス利用政策」の影響を受け、実際は 43%と大幅に上回り、目標達成に至った。

馬鞍山市（計画比 105%）は、民生部門が順調に伸び、また、審査時には 2%程度を予測していた交通部門の天然ガス使用量が評価時には 13%となり、目標達成に貢献した。

蕪湖市（計画比 81%）では、石炭、重油、軽油の大口ユーザーとの間でそれぞれ意向書が交わされ、灯油と軽油の使用を強制的に天然ガスに転換する対象地域も定められていた。しかし、実際には交通部門の転換が計画より少なかったため、目標値には届かなかった。

⁹ 限られた資源である天然ガスの合理的な開発・利用を推進するため、天然ガスの利用分野を「都市ガス」、「工業用燃料」、「発電」、「化学工業」の 4 種類に分類し、優先順位を、「優先／許可／制限／禁止」の 4 段階に設定した。民生部門の都市ガス供給は優先とされた。

目標を大きく下回った淮南市と銅陵市のサブプロジェクトでも、工業部門での転換が審査時の見込みよりも伸びなかった。計画が意向書に基づいて作成されていなかったため実績との乖離が生じたことや、天然ガス利用のための設備転換費を企業が自己負担しなければならないため、熱量当たりの単価が高い天然ガスを敬遠した工場が多かったりしたことが原因と考えられる。大規模炭鉱があって、石炭が地場産業にもなっている淮南市、銅陵市では、石炭が入手しやすく、炭鉱がグループ企業にある場合など市価より安く供給されることも影響したと考えられる。各サブプロジェクトの状況は以下のとおり。審査時と評価時の部門別天然ガス利用については表 7、表 8 を参照されたい。

・淮南市（計画比 22%）

「天然ガス利用政策」の影響を受け、計画では工業部門の転換割合は全体の 37% を見込んでいたが、実績では 12% 止まりだった。20% を占めると予測されていた発電用は評価時には転換されなかったため使用がなかった。

・銅陵市（計画比 54%）

計画時には工業部門の天然ガス使用量が 76% を占めると予測していたが、実績では工業部門はそれより 10% 以上低い割合となった。大手企業が政策的に閉鎖され、使用量の大きい工業ユーザーの天然ガス転換がなかったことが影響した。

表 19 審査時における天然ガス使用量予測の部門別割合（2002 年）

	滁州市	阜陽市	合肥市	淮南市	馬鞍山市	銅陵市	蕪湖市
電力				19.56%			
民生	15.3%	14.44%	9.9%	23.15%	22.0%	22.8%	25.3%
工業・商業	77.4%	70%	86.6%	37.38%	7.7%	76.4%	62.5%
交通	7.3%	1.95%	3.0%	19.91%	2.2%	0.8%	12.2%
公共施設		12.0%					
ボイラー		1.7%	0.5%		68.2%		
その他				25.8%	8.8%		

出所：JICA 審査時資料 天然ガス転換計画試算表（2002 年 8 月）。

注：馬鞍山市のボイラーは 2 トン以下のボイラーの強制転換分の試算。

表 20 評価時における天然ガス販売量の部門別割合（2012 年）

	滁州市	阜陽市	合肥市	淮南市	馬鞍山市	銅陵市	蕪湖市
電力							
民生	10.3%	16.9%	42.5%	29.0%	20.8%	13.2%	23.5%
工業	66.7%	2.4%	37.3%	12.3%	46.6%	65.4%	76.5% (交通除く)
交通	6.9%	59.7%	7.4%	20.0%	13.1%	15.3%	
商業	6.4%	17.3%	12.8%	12.9%	9.8%	6.1%	
公共施設	3.9%	3.7%					
ボイラー	5.8%						
その他				25.8%	9.7%		

出所：質問票回答。

直近の 2012 年は完成から 4 年～6 年目にあたる。2012 年の搬送量と 7 年目の目標値を比較してみると、表 9 のとおり、滁州市や蕪湖市のように既に目標値に達しているサブプロジェクトがある一方で、3 割程度にとどまる淮南市のようなサブプロジェクトもある。大半は 7 年目の目標比 5 割程度以上となっている。さらに、2012 年の実績値に完成から 2012 年までの年平均伸び率をかけて、完成から 7 年目の搬送量を予測した。その結果、完成 7 年目の 7 市の一日当たりの天然ガス搬送量の合計は、目標 442 万 2,000m³ に対し、515 万 146m³ で計画比 116% となる見込みとなった。各サブプロジェクトでは、滁州市 383%、阜陽市 90%、合肥市 117%、淮南市 42%、馬鞍山市 76%、銅陵市 74%、蕪湖市 159% となり、滁州、合肥、蕪湖市が目標を達成、阜陽市、馬鞍山市もほぼ達成する見込みである。2 年目と比較すると淮南市、銅陵市とも達成度は向上しており、このままの伸び率で搬送量が増加すると、銅陵市は 8 年目にあたる 2014 年に、淮南市は 12 年目にあたる 2018 年にそれぞれ目標が達成される計算となる。

表 21 事業完成から 7 年目の天然ガス搬送量の予測 (単位：m³/日)

搬送量	目標値 7 年目	直近の実績 (2012 年)	7 年目の 目標値との比	予測値 7 年目	計画比
7 市の 合計	4,422,000	2,994,793	68%	5,150,146	116%
滁州市	324,000	359,629 (5 年目)	111%	1,240,351 (2014 年)	383%
阜陽市	446,000	225,033 (5 年目)	50%	402,322 (2014 年)	90%
合肥市	1,020,000	731,349 (4 年目)	72%	1,190,298 (2015 年)	117%
淮南市	559,000	196,521 (6 年目)	35%	233,986 (2013 年)	42%
馬鞍山市	850,000	444,528 (5 年目)	52%	642,073 (2014 年)	76%
銅陵市	594,000	333,624 (6 年目)	56%	442,386 (2013 年)	74%
蕪湖市	629,000	704,110 (5 年目)	112%	998,731 (2014 年)	159%

注：予測値は完成年から 2012 年までの各年の伸び率の平均と同じ率で搬送量が伸びるという想定で算出した。

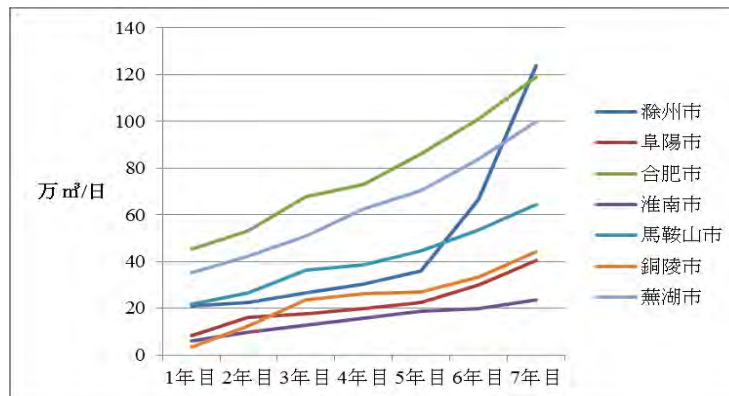


図 13 7 年目までの天然ガス搬送量の推移予測

BOX：天然ガス転換にかかる改造費用負担

改造費用負担の高さが、天然ガスの転換を希望する中小企業を躊躇させる要因となっている。都市ガスからの転換の場合には、すでに使用しているガス用パイプの補強やメーターの取り替え程度の改造ですむ。ところが、石炭や重油といった化石燃料からの転換の場合には調圧所からパイプラインを企業まで引き、さらに内部の設備も更新するという大がかりな改造が必要である。

本評価調査で質問票調査とヒアリングを行った大口天然ガスユーザー7 件の転換費用は、下は 300 万元から上は 2,000 万元とばらつきがあった。

合肥市の黒鉛電極製造会社は転換費用に 300 万元をかけて設備を整えた。転換によって年間の燃料費を 1,300 万元から 1,280 万元に削減し、メンテナンスコストも 30 万元から 25 万元に減らすことができ、5 年で転換にかかった費用を回収することができている。天然ガス年間使用量が 360 万 m³ 以上の企業に適用される料金割引の対象にもなっている。合肥市の企業の場合はあくまでも理想的な事例で、中小企業にとっては、先行投資の資金準備が困難で、天然ガスの使用量も多くないことから、改修費用の回収には長い年数がかかる。このため、費用対効果の面から転換が躊躇されることが多い。

2007 年に公布、2012 年に改定となった「天然ガス利用政策」のように、不定期に改定が行われる政策もあり、改定の内容は本事業にも直接的な影響を及ぼす。例えば、天然ガスによる火力発電の制限が解除された場合には、多くの天然ガスを使用する発電所での需要が一気に増え、その場合には搬送量が急増すると思われる。転換費用の負担については、政策転換によって政府による補助などが出た場合には、天然ガスへの転換が促進される可能性がある。

(2) 普及率

天然ガスに転換した世帯の割合を示す普及率は7市全体において69%で、計画時の目標値に照らし合わせると達成度は115%と、搬送量の達成度83%に比べて高い達成度になった。天然ガスの供給量が限定される中、政府の民生優先の原則に従い、サブプロジェクトも民生部門を優先してきた結果といえる。各サブプロジェクトの天然ガス普及率は滁州市64%、阜陽市87%、合肥市92%、淮南市27%、馬鞍山市90%、銅陵市52%、蕪湖市68%で、滁州市、阜陽市、合肥市、馬鞍山市が目標を達成し、銅陵市と蕪湖市が目標をほぼ達成した。淮南市の達成度は50%以下であった。

表 22 天然ガス普及率

普及率	目標値 2年目	実績値 2年目	計画比	直近の実績値
7市の 平均	60%	69%	115%	—
滁州市	60%	64% (2009年)	107%	74% (2012年)
阜陽市	24%	87% (2009年)	372%	94% (2012年)
合肥市	70%	92% (2010年)	131%	94% (2012年)
淮南市	61%	27% (2008年)	44%	63% (2012年)
馬鞍山市	72%	90% (2009年)	125%	92% (2010年)
銅陵市	60%	52% (2008年)	87%	75% (2012年)
蕪湖市	74%	68% (2009年)	92%	79% (2011年)

出所：目標値はJICA審査時資料、実績値は各市質問票回答。

普及率は民生部門だけに関わる指標であり、天然ガスの搬送量と必ずしも連動しない。阜陽市や淮南市のように、普及率が伸びていても搬送量が伸びていない原因として、①天然ガスは開通したものの、引き続き他の燃料が使われていること、②実際の需要と普及率とのかい離、つまり戸籍上の人口と実際の居住人口に差があり、不在者の割合が高いので普及率は上がっていても、実際の天然ガスの使用量は伸びていないこと、などが考えられる。以下にその詳細を述べる。

① 他燃料の継続使用

本事業実施前からコークス炉ガスなどが都市ガスとして供給されていた市中心部では、ガスの質量がほぼ同じであることから、また生活スタイルも変わらないことから民生部門の天然ガスへの転換はスムーズに進んだ。しかし、初めて都市ガス

が供給された阜陽市のような農村部では事情が異なる。練炭や薪からの天然ガスへの転換は、生活様式を大幅に変えることでもあり、天然ガスの利用は調理器具程度にとどまっているのが現状である。

② 人口統計と居住実態の差

表 11 に示すとおり、安徽省全体では半年以上不在となる人口の比率は 31.4%、特に阜陽市は 53%、淮南市は 38%と不在率が高い。住宅を購入して天然ガスを導入しても出稼ぎなどで不在となっているため、普及率が伸びてもガス使用量にあたる搬送量が伸びない環境にある。出稼ぎ農民が多い地域や農村部ではこの傾向が強く、投機目的で購入された住居の多い開発区においても同様の問題が発生している。実施機関によればこれが天然ガス搬送量に影響を及ぼしているとのことである。

表 23 安徽省の不在者人口の比率¹⁰

	2011 年
安徽省	31.4%
滁州市	24.5%
阜陽市	53.0%
合肥市	22.9%
淮南市	37.7%
馬鞍山市	29.8%
銅陵市	19.9%
蕪湖市	32.1%

出所：安徽省統計年鑑 2012 年版。

(3) 主要汚染物質の削減量

3 つ目の指標に、大気環境の主要汚染物質（SO₂、NO_x、TSP）の削減量がある¹¹。削減量は、天然ガスに転換された化石燃料の量に単位当たりの汚染物質排出量¹²をかけ、そこから天然ガスによる排出量を引いて算出されている。対象となる燃料は、家庭用石炭、工業用石炭、商業用石炭が基本であるが、その他のディーゼル燃料などの化石燃料を含むサブプロジェクトもある。

表 12 に示すとおり、7 市全体の主要大気汚染物質（SO₂、NO_x、TSP）の削減量の計画比は SO₂：85%、NO_x：97%、TSP：80%だった。サブプロジェクトでは、計画比を上回ったのは合肥市と馬鞍山市で、銅陵市は SO₂ 値が 8 割程度の達成だった。滁州市はほぼ 7 割、淮南市は 20%程度の達成にとどまった。

馬鞍山市は搬送量の達成度が 105%であったのに対して、削減量の達成度は SO₂

¹⁰ 不在人口は、戸籍人口に対して半年以上不在となる人口の割合。

¹¹ 石炭などの化石燃料が燃焼することによって発生する汚染物質が、クリーンエネルギーで汚染物質がほとんど排出されない天然ガスに転換されることによって削減される量。

¹² 削減される汚染物質の分量は、フィージビリティ・スタディによって定められているが、サブプロジェクト毎に計算式が異なる。

が 266%、NOx が 581%、TSP が 313%と大きく上回った。これは、2005 年に、削減効果の高い石炭ボイラー全てが天然ガスに転換されたことによると思われる。蕪湖市では他の物質に比べて NOx の計画比が 52%と低い結果となった。これは交通部門の転換を 12%と見込んでいたが、ほとんど進まなかったことによるものと思われる。

表 24 主要汚染物質の削減量

7 市合計	目標値 (2 年目)	実績値 (2 年目)	計画比
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	17,719	14,975	85%
NOx 排出削減量 (トン/年)	10,635	10,319	97%
TSP 排出削減量 (トン/年)	30,583	27,372	80%

滁州市	目標値 (2 年目)	実績値 (2009 年)	計画比	直近の実績値 (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	4,355	2,911	67%	3,127
NOx 排出削減量 (トン/年)	780	527	68%	1,596
TSP 排出削減量 (トン/年)	5,704	3,919	69%	6,639

阜陽市	目標値 (2 年目)	実績値 (2009 年)	計画比	直近の実績値* (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	1,205	825	68%	N/A
NOx 排出削減量 (トン/年)	615	190	31%	N/A
TSP 排出削減量 (トン/年)	2,554	947	37%	N/A

* : 2009 年に同じ。

合肥市	目標値 (2 年目)	実績値 (2010 年)	計画比	直近の実績値 (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	3,355	3,485	104%	5,016
NOx 排出削減量 (トン/年)	4,560	5,953	131%	8,568
TSP 排出削減量 (トン/年)	10,124	12,814	127%	18,445

淮南市	目標値 (2 年目)	実績値 (2008 年)	計画比	直近の実績値 (2012 年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	3,758	711	19%	1,544
NOx 排出削減量 (トン/年)	1,902	336	18%	729
TSP 排出削減量 (トン/年)	7,907	1,920	19%	3,299

馬鞍山市	目標値 (2年目)	実績値 (2009年)	計画比	直近の実績値 (2010年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	1,219	3,240	266%	4,716
NO _x 排出削減量 (トン/年)	154	894	581%	1,072
TSP 排出削減量 (トン/年)	489	1,530	313%	2,219

銅陵市	目標値 (2年目)	実績値 (2008年)	計画比	直近の実績値 (2011年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	1,431	1,087	76%	1,673
NO _x 排出削減量 (トン/年)	728	903	124%	1,223
TSP 排出削減量 (トン/年)	3,029	2,876	95%	4,437

蕪湖市*	目標値 (2年目)	実績値 (2009年)	計画比	直近の実績値 (2012年)
SO ₂ 排出削減量 (トン/年)	2,695	2,690	100%	3,189
NO _x 排出削減量 (トン/年)	1,897	1,010	53%	1,220
TSP 排出削減量 (トン/年)	777	572	74%	669

出所：目標値は JICA 審査時資料、実績値は質問票回答。

サブプロジェクトによって、また工業、民生、交通といった部門によって、天然ガスに転換された石炭の種類が異なるため、石炭単位当たりの汚染物質削減量が異なる。よって、ここでは各市の実績値を横並びで比較するのではなく、削減量に影響を及ぼした要因を分析する。

① 天然ガス転換の強制措置と優遇措置

国や省による環境改善に向けた政策を反映して、以下のような天然ガス転換への強制措置や優遇措置が各サブプロジェクト実施地においてとられた。これが、石炭使用量を削減して事業の効果¹³を促進する要因となった。

¹³ 削減した石炭の量は、各サブプロジェクトの質問票回答による数値。

表 25 サブプロジェクトで実施された強制措置・優遇措置とその効果

削減量	強制措置	優遇措置
滁州市 1.9 万トン (2012 年) うち天然ガス 転換は 1.1 万トン	2007 年 6 月より、滁州市政府により、市内中心部の 2 トン以下の石炭ボイラーが取り締まられた。	なし。
阜陽市 4,689 トン (2011 年) うち 天然ガス転換 は 4,106 トン	2007 年阜陽市の通告¹⁴により、天然ガス推進をめざし、市区内の石炭ボイラーの閉鎖、操業停止を求めた。 2012 年 10 月より、市環境保護局と公安局が環境保護検査合格マークを取得していない車両の走行を限定した¹⁵。	なし。
合肥市 (2011 年) 6,888 トン 天然ガス転換 量 N/A	合肥市による大気污染防治条例や集中熱供給管理暫行弁法により、市内中心部で暖房、電力供給、興業生産に使用されていた石炭ボイラーへの取り締まりが行われた。	なし。
淮南市 石炭使用削減 量、天然ガス転 換量とも N/A	- 淮南市により、市内中心部の公衆浴場、暖房、工業生産用に使用されていた石炭ボイラーが淘汰された。 - 市内煤塵汚染管理強化通告がされ、環境管理が強化された¹⁶。	なし。
馬鞍山市 5.1 万トン (2012 年) 100%天然ガス に転換	2005 年に市政府により、市内中心部の石炭ボイラーの取り締まりが行われ、期限付きで整備、是正が要求された。 - 火力発電所、鉄鋼業について、大	なし。

¹⁴ 阜陽市人民政府による天然ガス使用推進のさらなる加速に関する通告（阜政秘（2007）109 号）。

¹⁵ 根拠となる法は「中華人民共和国大気污染防治法」、「中華人民共和国道路交通安全法」。

¹⁶ 「淮南市人民政府の市内煙塵汚染管理の強化に関する通告」淮府（2003）22 号、「淮南市人民政府の環境監督管理のさらなる強化に関する作業意見」淮府秘（2007）86 号。

	気環境汚染物質の排出制限が守られていない場合には操業停止の措置が執られる。	
銅陵市 石炭使用削減 量、天然ガス転 換量とも N/A	- 銅陵市政府により、工業、生活用に使用されていた市内中心部の石炭ボイラーの取り締まりが行われ、ほとんどが廃炉となった。 2007 年 35 台、2008-2009 年 35 台、2010 年 54 台、2012 年 70 台の合計 194 台が淘汰された。	ボイラーの撤去、取り替え、改造をした企業に対して市政府と環境保護奨励資金から補助金をだす。また天然ガスに転換された場合には、配管敷設費用などの割引をする。
蕪湖市 工業用石炭 2.5 万トン (2011 年) 天然ガス転換 量 N/A	2010 年に市政府が高汚染燃料を燃焼する全てのボイラー、工業用炉、かまどなどの燃焼施設を同年 7 月末日までにクリーンエネルギーに転換することを求めた¹⁷。 - 市内中心部の石炭ボイラーが淘汰された。天然ガスへの改造は行われず、全てが撤去となった。	なし。

② 大規模工場や発電所の天然ガス転換

化石燃料を大口で使用している工場などが、天然ガスへと燃料を転換した場合、それは大気環境汚染物質の濃度改善の貢献材料となる。例えば、銅陵市で銅電極を製造している大口天然ガスユーザーは、銅陵市全体の天然ガス使用量の 2%にあたる年間 2,330 万 m³/年の天然ガスを使用している。工場ではそれまで大気環境対策として排煙脱硫装置を設置していたが、石炭、重油、液化石油ガスを天然ガスへ転換したことによって汚染物質の排出量は減少したということであった¹⁸。



図 5 石炭ボイラー設備（滁州市内）



図 6 火力発電所（淮南市内）

¹⁷ 「蕪湖市人民政府の高汚染燃料燃焼禁止区管理強化に関する通告」蕪政（2010）20 号。

¹⁸ 大口天然ガスユーザーへの質問票調査による。

省政府へのヒアリングでは、火力発電所が汚染源の筆頭に挙げられた。安徽省は石炭の産地でもあり、火力発電所で使用されている燃料はほとんどが石炭である。2000年と2011年を比較すると、年間発電量は364億6,000kwから1,655億kwと4.5倍に増えている（詳細は表18参照）。一方、発電所の環境対策として2003年に公布された「火力発電所大気汚染物質排出基準法（GB13223-2003）」と改定された同法（GB13223-2011）で脱硫装置の設置が義務づけられるようになった。発電所数の増加による汚染物質排出量や環境対策による抑制効果を表すデータともに得られなかったが、インパクトの項でも述べるとおり、実施機関によれば火力発電量の増加による汚染物質排出量の負のインパクトが、大規模工場での石炭使用と並んで大きいということである。ただし、「天然ガス利用政策（2007年、2012年改定）」による制限対象から外れた場合、各市で火力発電所の天然ガス化が進む可能性もある。

③ 天然ガスと他燃料との価格差¹⁹（別添3参照）

工業部門の燃料価格を熱量当たりの換算値で比較すると、石炭ガスは天然ガスの半分程度の額で推移している。石炭の価格は品質や入手方法によって価格にばらつきはあるが、天然ガスよりはるかに安価で、天然ガス価格の十分の一から三分の一である。特に、安徽省は石炭を産出していることから、大規模石炭ユーザーが同系列グループ企業の炭鉱から通常より安い価格で購入できる場合もある。クリーンエネルギーである天然ガスに転換することで煤煙が出なくなり、機械のメンテナンスコストが削減されるメリットはある一方で、転換のための設備導入や改造費用に加えて燃料費の格差も阻害要因となった。

民生部門では、住民は居住地域に供給される都市ガスを選択することはできないが、都市ガス以外のLPGなどの燃料は自主的に設置して使用することは可能である。ただし、LPGの価格は天然ガスの約2倍となるので、天然ガスへの転換の阻害要因にはならなかった。

表26 熱量当たりの都市ガス価格の比較（滁州市）

（単位：元/MKcal）

	天然ガス			石炭ガス	LPG
	民生	工業	交通	工業	民生
2006	0.235	0.235	0.304	0.112	0.458
2008	0.235	0.283	0.342	0.143	0.437
2009	0.235	0.283	0.342	0.125	0.472
2010	0.235	0.338	0.426	0.147	0.552
2011	0.235	0.338	0.426	0.154	0.64

出所：滁州市質問票回答。

注：天然ガス熱量8,400kcal/m³、石炭ガス5,000kcal/kg、LPG11,000kcal/kgで計算。

¹⁹ 天然ガス価格は輸送距離によって価格が異なるが、小売価格は物価局によって基準が決められているため、滁州市の例を使用して説明する。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

3.3.1.1 大気環境の改善

本事業は、天然ガスへの転換を促進し、大気環境の改善に寄与しようというものである。事業実施により、汚染物質（SO₂/NO₂/TSP/PM10/CO）濃度が大気環境 2 級基準を満たすことが期待されていた。評価時においては、合肥市の PM10 値を除き、全てのサブプロジェクト対象市が大気環境 2 級基準を満たしている。ただし、滁州市は全ての汚染物質濃度が年々低くなっているが、その他の市については、審査時より濃度が高くなっている汚染物質も少なからずある（別添 4 参照）。

安徽省全体の大気汚染物質の排出量をみると、SO₂ は 2006 年をピークに減っている一方で、NO_x は 2009 年に減少し、以降は増加しつづけている。TSP は 2005 年以降大幅に減少を続けている。このように物質によって排出量の状況は異なるものの、安徽省全体の大気汚染物質の年間汚染物質排出量に占める本事業による削減量の割合は、2011 年時点で、SO₂ が 3.72%、NO_x が 1.34%、TSP が 7.19%であり、政策目標に照らし合わせてもその数値は小さくない。本事業が大気環境の改善に寄与していることは確実である（別添 5 参照）。

表 27 安徽省全体の主な大気環境汚染物質の排出量

（単位：トン/年）

	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
SO ₂	454,900	489,000	571,200	584,500	571,700
NO _x	N/A	N/A	N/A	609,692	569,010
TSP	701,900	716,700	760,100	717,800	613,200
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
SO ₂	555,700	538,424	532,576	529,474	519,600
NO _x	547,500	538,971	636,425	959,113	921,300
TSP	613,300	564,766	519,109	452,224	N/A

出所：安徽省政府への質問票回答。

大気環境の改善を阻害する要因として、人口増加、経済成長に伴う石炭使用量の増加、自動車保有台数の増加などが挙げられる。燃料別の SO₂、NO_x、TSP 排出量をみると、下表のとおり SO₂、TSP の排出の増減には工業用石炭、NO_x にはガソリンの影響がそれぞれ強いことがわかる（表中のハイライト参照）。実施機関によれば、汚染物質発生源は影響の強い順に、火力発電所による化石燃料の使用、大規模工場による化石燃料使用、自動車の排気ガスとのことである。妥当性の項でも示したが、一次エネルギー需要増にともなって石炭の使用量が火力発電所と大規模工場で増えたことが最も大きな要因である。以下に各要因の状況を記す。

表 28 燃料別の大気環境汚染物質排出量

石炭熱量 1 トン 当たりの排出量	SO ₂ (kg/トン)	NO _x (kg/トン)	TSP (kg/トン)
民生用石炭 1 トン	7.10	1.45	0.70
工業用石炭 1 トン	20.0	15.0	50.0
ガソリン 0.48 トン	2.4	39.36	0.432
重油 0.48 トン	4.8	8.16	0.456
石炭ガス 1282m ³	0.77	2.6	0
天然ガス 537m ³	0.097	0.097	0

出所：JICA 審査時資料。

注：JICA が作成した天然ガス転換計画試算表（2002 年 8 月）に基づき、評価者が石炭熱量に合わせて各物質の換算値を再計算した数値。

① 一次エネルギーの需要増加と石炭需要量（石炭使用量）の増加

安徽省全体で、一次エネルギーの需要は 2001 年から 10 年間に 213%に増加し、その需要を満たすために石炭の需要量も 218%増となった。民生用は減少しているが、需要の大部分を占める工業用が増加しているため、石炭依存度は 80%後半に高止まりしている。

2000 年から 2011 年の間に、安徽省における電力生産量は 4.5 倍になった。発電所のない阜陽市を除いたサブプロジェクト実施市では、電力生産量のほぼ 100%を石炭火力発電所に依存している。このため、各市の火力発電所で使用される石炭量も比例して増加し、石炭燃焼による汚染物質排出量が増えていると考えられる。

表 29 安徽省における石炭の需要量とその割合

	一次エネルギー 需要総量（万トン）	石炭需要量（万トン）			石炭依存 率（%）
		総	民生用	工業用	
2001	5,216	4,504	N/A	N/A	86.18
2005	6,564	5,798	360	5,438	88.33
2006	6,999	6,169	306	5,863	88.15
2007	7,718	6,840	268	6,572	88.63
2008	8,924	8,019	236	7,784	89.86
2009	9,776	8,748	222	8,526	89.48
2010	10,373	9,229	284	8,945	88.97
2011	11,118	9,840	203	9,637	88.51

出所：2001 年データは、安徽省回答集（2002 年 6 月）、2005 年～2011 年数値は、安徽省質問票回答。

表 30 電力生産量と消費量 (単位: 億 kw/年)

	2000 年	2011 年	割合	2000 年/ 2011 年比較
電力生産量	364.63	1,655.07		454%
うち火力発電	360.05	1,624.0	98%	270%
水力、その他	4.58	31.07	2%	678%
電力消費量	338.92	1,221.19		360%
うち工業	238.26	877.79	72%	368%
民生	53.03	191.55	16%	361%

出所: 安徽省統計年鑑 2012 年版。

② 自動車保有台数

自動車の排ガスは特に NOx 増加の原因になる。表 19 のとおり、自動車保有台数は、サブプロジェクト実施全市で急増しており、これが大気環境に影響を及ぼしている。サブプロジェクト 7 市全体でいえば、2002 年の 24.9 万台から 2011 年の 150.2 万台へと増えている。各市において、ガソリンやディーゼル燃料から天然ガス車への切り替えも、バスやタクシーといった公共交通を中心に進んでいる。しかしながら、天然ガス車の割合はまだ一桁台にとどまっており、車両の天然ガス化による大気環境改善への貢献は途上である。

表 31 各市における自動車保有台数 (単位: 万台)

	滁州	阜陽	合肥	淮南	馬鞍山	銅陵	蕪湖	7 市計	安徽省
2002 年	4.2	4.9	6.7	3.0	0.9	1.1	3.2	27.4	52.3
2011 年	15.7	33.5	55.0	10.3	10.6	5.0	20.1	150.2	330.2

出所: 安徽省統計年鑑 2003 年版、2012 年版。

表 32 燃料の種類と車両台数の内訳 (単位: 台)

滁州市	ガソリン	ディーゼル	天然ガス	ハイブリッド	電気自動車	台数 合計
2006 年台数	54,580	26,739	150	0	0	81,469
割合	67.0%	32.8%	0.2%	—	0%	—
2012 年台数	97,902	56,596	3,400	10	0	157,908
割合	62.00%	35.84%	2.15%	0.01%	0%	—

出所: 滁州市質問票回答。

馬鞍山市	ガソリン	ディーゼル	天然ガス	ハイブリッド	電気自動車	台数 合計
2006 年台数	18192	5621	12	2	5	23,832
割合	76.33%	23.59%	0.05%	0.01%	0.02%	—
2012 年台数	65242	13927	213	158	6	79,546
割合	82.01%	17.51%	0.27%	0.20%	0.01%	—

出所: 馬鞍山市質問票回答。



図 7 本事業で裨益している団地群
(銅陵市)



図 8 料金の支払いや相談の窓口となっ
ているカスタマーセンター (淮南市)

3.3.1.2 住民の大気改善に対する認識

本事業の定性的な効果を確認するため、事業実施前に他市と比較して大気汚染が深刻であった銅陵市において、2007 年に石炭から天然ガス利用に転換した大口工業ユーザー付近の団地の住民 50 人を対象に、天然ガス転換による生活や環境への定性的な影響の調査を目的とした質問票に基づく受益者調査を実施した。その結果は以下のとおり。

(1) 天然ガス利用状況

調査対象地域において天然ガスへの転換は 2007 年から 2008 年の間に順次行われた。約半数以上の世帯が石炭ガスからの転換で、転換には世帯当たり平均 1,172 元²⁰の調理器具や給湯設備購入費用がかかったと回答している。

天然ガスへの転換理由については、他エネルギーと比較して供給が安定していていつでも使えることから「天然ガスの方が便利」と利便性をあげた回答者が 88%、次いで「家族の健康によい」48%、「大気環境によい」42%と大気汚染物質が少ないことをあげている(図 9)。利用者は、天然ガスを利用してから、90%が「利便性がよくなった」(図 10)、66%が調理、給湯、暖房などを含んだ器具の使用時間が短くなったと回答しており(図 11)、コスト面では 82%が利用料金は「天然ガスの方が安い」(図 12)、また、天然ガスを使用してから健康面で 86%(図 13)、環境面で 88%(図 14)が改善したと回答している。

²⁰ 銅陵市 2007 年の一人当たり GDP は 38,454 元/年。

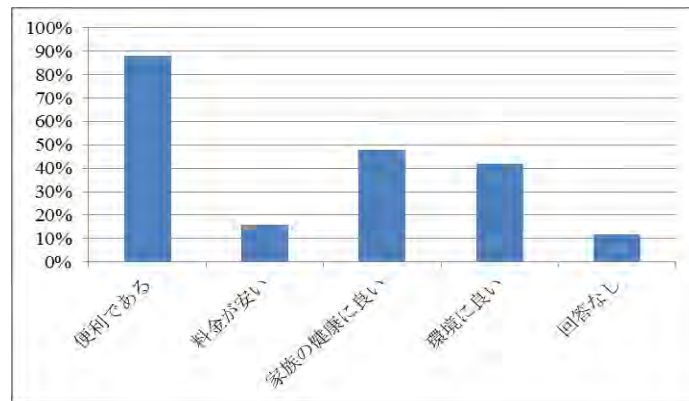


図 9 天然ガスに転換した理由



図 10 天然ガスの転換による利便性の変化

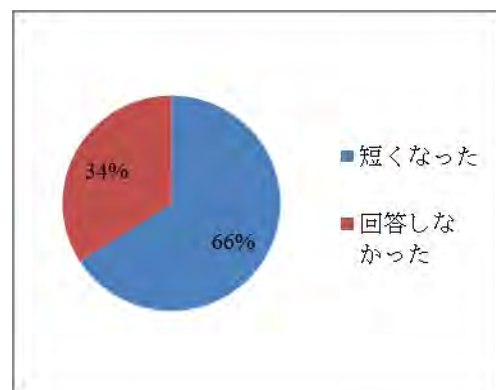


図 11 天然ガス転換による調理器具使用時間

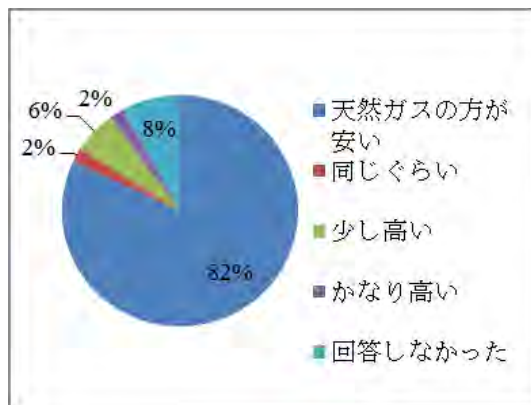


図 12 天然ガス転換による一次エネルギー使用料金の変化



図 13 天然ガス転換による健康の変化

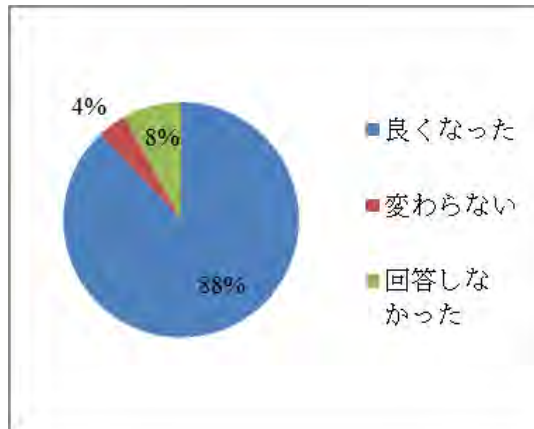


図 14 天然ガス利用による環境の変化

(2) 大気改善に対する認識

住居付近の大気環境を 10 年前と比較すると、回答者の 62%が「大気環境がかなり改善された」、24%が「ある程度改善された」と回答している。回答理由として「(石炭の硫黄分による) 刺激臭がしなくなった」、「壁が黄色く変色しなくなった」などがあげられている (図 15)。

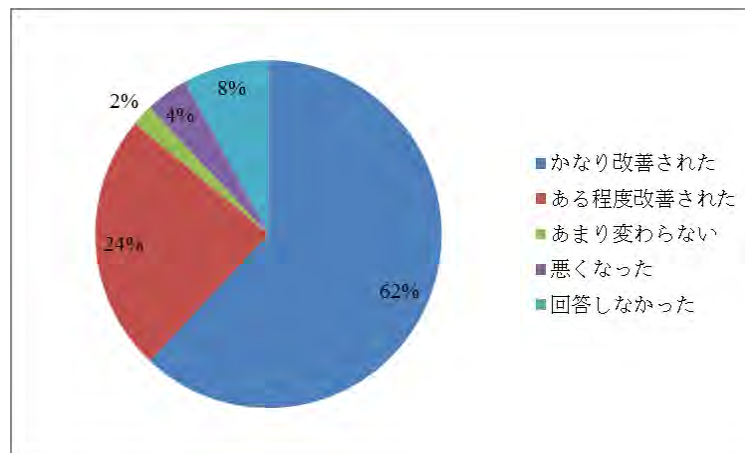


図 15 10 年前と今の大気環境の比較

(3) 生活環境の変化

10 年前と比較して、天然ガスへの転換による燃料へのアクセスや使用器具などの利便性について、72%が「かなり便利になった」、16%が「ある程度便利になった」と回答している。その理由として、天然ガスへの転換により、特に、都市ガス使用時には燃料不足によって供給が停止することがあったが、天然ガスに転換されてからは、冬場の燃料使用ピーク時にも滞りなく供給が行われていることが多くあげられた (図 16)。

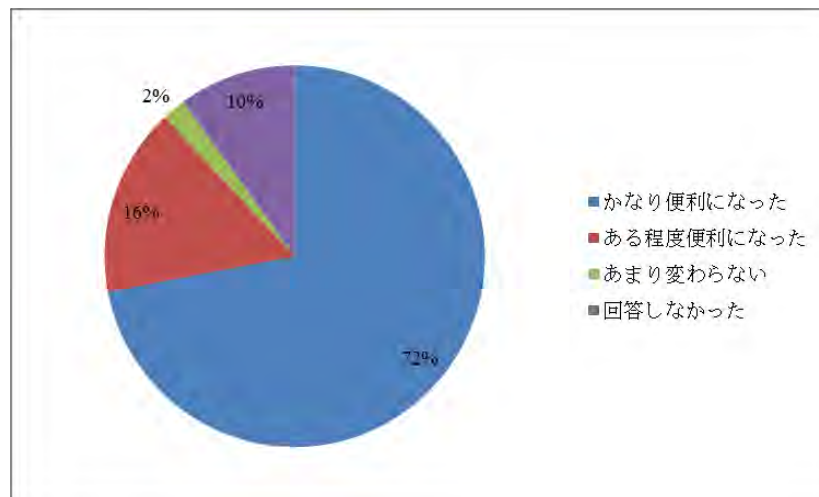


図 16 10 年前と今の生活環境の比較

調査はサンプル数が少ないことから、この結果は本事業の受益者を代表するものではないが、サブプロジェクト実施地域において、天然ガスは大気環境の改善、及び利便性、健康、環境の観点から生活環境の改善に寄与していると認識されており、事業による一定の効果があったものと考えられる。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 工業用ユーザーへのインパクト

各市の大口天然ガスユーザー7 企業の協力を得て、天然ガス転換の理由や使用状況の確認をするために質問票調査を行った。天然ガスへは液化石炭ガス、重油、石炭からの転換で、転換した理由として全ての企業が環境への影響を挙げ、次いで85%が利便性を挙げている。回答のあった4社では、天然ガスの使用量は13万 m³/年から2,330万 m³/年で、転換にかかった費用は、300万元から2,000万元と回答されている。サンプルが少なく、また企業の規模や業種も多様なため一般化はできないが、個別に回答をみると、燃料費と維持管理費の回答があった3社については、2社は石油液化ガスや石炭の使用から天然ガスに転換したことで燃料費は改造前より20～25%程度上がっているが、維持管理費はそれぞれ35%程度と15%程度に減少したと回答している。その他1社では、コークスから天然ガスに転換することによって燃料費は2%、天然ガス利用によって煤の排出が減ったため、清掃やメンテナンスの労力や回数が減り、維持管理費は17%減少した。この企業では、改造にかかった300万元の回収に5年かかっている。大気環境の改善については、回答のあった6社全てが、天然ガスへの転換によって主要大気環境汚染物質の排出が削減できたと回答している²¹。

²¹ サンプル数も少なく、天然ガスの使用量も7万～1.5億 m³/年といった大企業ばかりであることから、このデータが本事業の工業ユーザーを代表するデータとはいえない。



図 17 転換前の石炭熱ボイラー
(平頂山市)



図 18 転換後の天然ガス炉
(平頂山市)

3.3.2.2 住民移転・用地取得

本事業による用地取得は、7 市合計で計画の 26.5 ヘクタールから 34.0 ヘクタール（計画比 128%）へと増えた。取得金額は計画の 1,196 万元から 3,523 万元（計画比 295%）へと増えた。本事業による住民移転は発生していない。

滁州市、阜陽市、馬鞍山市による取得面積は計画通りで、淮南市、銅陵市、蕪湖市は計画よりも小さくなった。費用は阜陽市、蕪湖市では計画より抑えられた。淮南市、銅陵市では取得対象が農地になったため、農作物に対する補償も含んだ金額を支払うことになり、増額になった。合肥市での取得面積が拡大した理由は、本事業開始後の都市計画の変更に伴い、パイプライン建設予定地の変更を余儀なくされたためである。これにより、無料で取得する予定であった 1.4 ヘクタールの約 8 倍の面積を 1,193 万元で取得することになった。

いずれのサブプロジェクトでも、市政府に建設用地を申請した後、市政府と具体的実施機関が、土地を所有する地方政府と土地の取得や補償について調整するという方法がとられた。市政府が入ることによって審査や調整はスムーズに進み、農地の取得があった阜陽市、合肥市、淮南市、銅陵市では、郷・鎮・村との交渉にも問題は生じなかった。唯一、馬鞍山市では、地方政府との交渉に時間がかかったために工期が遅れるという影響があった。

表 33 各サブプロジェクトの用地取得状況

	計画時		評価時	
	取得面積	金額(万元)	取得面積	金額(万元)
7 市合計	26.5 hr	1,196.15	34.0 hr	3,522.8
滁州市	2.7 hr	6	2.7 hr	400
阜陽市	3.4 hr	2.6	3.4 hr	2.3
合肥市	1.4 hr	0	12.5 hr	1,192.57
淮南市	8.0 hr	8.55	6.0 hr	415.13
馬鞍山市	3.3 hr	750	3.3 hr	750
銅陵市	3.0 hr	6	1.7 hr	365
蕪湖市	4.7 hr	423	4.4 hr	397.8

出所：各サブプロジェクトへの質問票回答。

3.3.2.3 自然環境への影響

事業実施中は、国の基準に沿って重金属などによる水質・土壤汚染対策、汚泥処理、騒音・振動対策がとられ、供用開始後も自然環境への負の影響は発生していない。

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みられ、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

本事業における計画と実績は下表のとおりで、対象市が 8 市から 7 市になったことを除き、ほぼ計画通りに実施された。

表 34 アウトプット一覧表

	計画	実績
巢湖市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 2 基 SCADA1 基 ガス管（中圧管 82km） 天然ガススタンド 3 カ所	中止
滁州市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 2 基 SCADA1 基 ガス管（高圧管 38km、中圧管 260km） 天然ガススタンド 3 カ所	計画通り
阜陽市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 4 基 SCADA1 基 ガス管（中圧管 290km、低圧管 437km）	計画通り

	天然ガススタンド 5 カ所	
合肥市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 12 基 SCADA1 基 ガス管 456 km (高压管 20km、中圧管 409km、低压管 27km) 天然ガススタンド 1 カ所	ほぼ計画通り 変更点は ガスホルダー 9 基 ガス管 1,042 km (高压管 22km、中圧管 570km、低压管 450km)
淮南市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 6 基 SCADA1 基 ガス管 204 km (高压管 56km、中圧管 131km、低压管 17km) 天然ガススタンド 6 カ所	ほぼ計画通り。 変更点は、ガスホルダー 2 基 ガス管 614km (高压管 38km、中圧管 129km、低压管 447km) 天然ガススタンド 5 カ所
馬鞍山市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 5 基、SCADA1 基 ガス管 228 km (高压管 1km、中圧管 227km) 天然ガススタンド 1 カ所	ほぼ計画通り。 変更点は、ガスホルダー 2 基 SCADA1 基 ガス管 10,856 km (高压管 10km、中圧管 227km、低压管 629km)
銅陵市	ゲートステーション 1 カ所 SCADA1 基 ガス管 261 km (中圧管 74km、低压管 187km) 天然ガススタンド 1 カ所	計画通り
蕪湖市	ゲートステーション 1 カ所 ガスホルダー 6 基 SCADA1 基 ガス管 336 km (中圧 132km、低压管 204km) 天然ガススタンド 2 カ所	計画通り

ガスホルダーの建設数を減らし、ガス管の総距離を変更した合肥市、淮南市、馬鞍山市では、球形のガスホルダーについては一部建設を取りやめて、地下パイプラインでの貯蔵に切り替えた。導管内の強化技術によって、より圧力をかけることで備蓄と併用することが可能となったためである。これによって、ガスホルダーの建設を予定していた土地が不用となったうえ、ガスホルダーの建設費用、メンテナンス費用を削減することができた。また、ガス管の総距離の変更については、合肥市では中国石油からの供給をサブパイプラインからうける計画であったが、直接、メインパイプラインの位置変更により直接の引き入れとなった。淮南市と馬鞍山市は都市計画に合わせた工事計画への調整があり敷設総距離が延長されたことによる。



図 20 CNG ステーション（滁州市）

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

審査時に計画された総事業費は 37,079 百万円（うち円借款部分 18,558 百万円）だった。対象 8 市のうち、巢湖市が円借款利用を辞退したので、サブレーティングにあたっては、その分の事業費を差し引いた 35,090 百万円（うち円借款部分 17,293 百万円）を計画の総事業費に用いる。7 市の総事業費実績は 36,586 百万円（うち円借款部分 18,538 百万円）で、計画比 104%であった。7 市のうち 4 市は計画内に収まり、他 3 市も計画の 120%以下と大幅に計画を超過したサブプロジェクトはなかった（別添 1 参照）。阜陽市、淮南市、蕪湖市が計画値を越えたが、いずれのサブプロジェクトも国内の物価上昇による。

3.4.2.2 事業期間

本事業の期間は計画の 2003 年 3 月～2007 年 12 月（58 カ月）に対して、実際は 2003 年 3 月～2008 年 9 月（67 カ月／計画比 116%）と、計画を上回った。各市の実績は、滁州市（58 カ月／計画比 126%）、阜陽市（58 カ月／計画比 126%）、合肥市（67 カ月／計画比 116%）、淮南市（46 カ月／計画比 100%）、馬鞍山市（58 カ月／計画比 126%）、銅陵市（46 カ月／計画比 100%）、蕪湖市（58 カ月／計画比 126%）だった（別添 2 参照）。125%を越えた 4 市の遅延理由は以下のとおりである。

滁州市では、インフレの影響でガスホルダーの価格が急騰したため、建設予定のガスホルダーは一部を国内資金で調達して建設することになった。一部を地下パイプラインに貯蔵する方法に切り替えたため、その変更手続きや調整に時間を要した。

阜陽市では、2005 年末に市開発計画ができて道路整備計画に大幅な変更があったことが影響した。天然ガスパイプラインの工事は都市計画の道路整備と連動して管理されている。継続する予定だった天然ガスパイプライン敷設工事を一時期中断し、道路の工事時期に合わせて 2007 年後半まで延期しなくてはならなかった。

蕪湖市では、市の環境基準が改定され、供給ステーションを基準に合わせた設計に変更する必要性がでた。基準に応じた設計と調達内容への変更と、一部自己資金での建設への切り替えたための手続きを行うことが必要になり、市内の供給施設の工事に遅れが生じた。

馬鞍山市では、地方政府とのゲートステーション建設用地にかかる契約交渉や手続きに時間を要した。

3.4.3 財務的内部収益率（FIRR）

審査時における財務的内部収益率（FIRR）をプロジェクトライフ 20 年、便益を料金収入、費用を建設費用、維持管理費用他として計算した値と、評価時の再計算の結果は以下の表のとおりである。評価時には、合肥市、淮南市、馬鞍山市で FIRR の値はマイナスとなった。淮南市は天然ガス販売収入が審査時計画を大きく下回っているのに対して、維持管理費が計画を上回っていることが原因である。その他の 2 市も天然ガス販売関連経費の占める割合が高く収益が低くなっていることが影響した。馬鞍山市は高い税率も影響していると考えられる。

表 35 財務的内部収益率

	審査時	評価時
滁州市	6.3%	7.26%
阜陽市	3.5%	7.11%
合肥市	7.2%	マイナス
淮南市	5.8%	マイナス
馬鞍山市	3.8%	マイナス
銅陵市	4.9%	11.56%
蕪湖市	7.7%	0.4%

出所：審査時の値は JICA 審査時資料を参照、評価時は具体的実施機関による質問票回答をもとに評価者が再計算をした。

注：実績値、予測値は、具体的実施機関から提供された数値を使用。

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。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

（1）実施機関

審査時には、実施機関である安徽省政府に重要事項の意志決定やモニタリングを行う指導グループが設置され、その事務局として円借款項目管理弁公室が置かれた。2005年に財政庁金融処に置かれ、年間計画策定、建設工程の進捗管理や竣工検査、資金管理を含んだ事業実施にかかる指導監督を行ってきた。事業完了後も引き続きサブプロジェクトの指導監督と円借款返済の管理を担っている。

（2）具体的実施機関

馬鞍山市のサブプロジェクトで具体的実施機関の名称が変更になったが、審査時から実施主体そのものに変更はない。全ての具体的実施機関が事業開始前から、石炭ガス、コークス炉ガス、LPGなどを都市ガスとして供給していたため、同じパイプラインを修繕、交換して天然ガスを供給している。ガス供給事業の運営施設管理経験があったため、利用者の天然ガスへの転換は問題なく行われ、ガス供給施設の事故も起きていない。

表 24 具体的実施機関の組織名称

実施地	審査時名称	評価時名称	組織形態
滁州市	滁州市煤氣公司	変更なし	100%市出資の国有企業 ²²
阜陽市	阜陽国禎能源開發有限公司	変更なし	民営企業
合肥市	合肥燃氣集团有限公司	変更なし	100%市出資の国有企業
淮南市	淮南市燃氣總公司	変更なし	100%市出資の国有企業
馬鞍山市	馬鞍山市燃氣總公司	馬鞍山港貨燃氣有限公司	100%市出資の国営企業
銅陵市	銅陵燃氣總公司	変更なし	100%市出資の国有企業
蕪湖市	蕪湖市燃氣總公司	変更なし	100%市出資の国有企業

3.5.2 運営・維持管理の技術

（1）実施機関

建設、施設の検査、環境管理は省政府の監督のもと市政府が実施している。省と市政府の連携体制があり、それぞれ専門の技術を有した機関が担当の運営監理に携わっており、技術能力に問題はみられない。

1) サブプロジェクト各市政府の発展改革委員会が具体的実施機関の建設工事の

²² 所有と経営が分離されている国営企業は、国有企業に変更された。公有制の前提のもと株式制等を導入して資金を調達し、市場経済に適合する効率的な現代企業制度を確立することを目標にしている。

認可と監督を行った。事後評価時は、財政状態と資産の監査を半期に一度行っている。

2) 環境部門では、各市政府の環境保護局が設置したモニタリングステーションで大気環境汚染物質の測定と四半期に一度程度の訪問による検査を行っている。違反があった場合には、市政府環境保護局が指導をしている。

3) 天然ガス関連施設の安全管理のモニタリングは、市政府の安全局が半年に一度程度の抜き打ち検査を行っている。天然ガス関連施設のパイプラインやメーター等の一連の設備の検査によってメーターやパーツ交換の詳細な指導も行われている。

4) 天然ガス関連施設の防火設備は市消防局が監督指導をしている。

(2) 具体的実施機関

全ての具体的実施機関において、以下の理由から技術能力には問題はない。

1) 運営・維持管理の技術評価基準が設定されており、業務内容に応じた研修を受けた技術者が配置されている。運営維持管理の技術評価基準が設定され、技術者はその基準を満たすことが要求されている。技術力向上のための技術訓練の研修制度も確立されている。訓練ニーズは技術の進歩に伴い、毎年改訂されている。

2) 全ての具体的実施機関は国の安全規程に基づいた設備の管理、保守、点検計画を策定しており、その計画に基づいて管理を行っている。関連するマニュアルについては職員に研修が行われ、職場にコピーが配備されている。

3) 現地踏査によって、設備の管理状況、保守点検体制に特に問題はないことが確認された。施設の巡回は毎時、保守点検記録は、毎時・毎日記録されており、設備に異常があった場合にはその内容と措置が記録されている。また、異常があった際の手順についても職員に周知されている。

4) スペアパーツは交換が必要な部署がすぐに使用できる場所に準備されており、必要に応じて交換されている。

3.5.3 運営・維持管理の財務

天然ガス料金は、工業、商業の大口ユーザーは銀行振り込み、小規模の商業や民生用の料金徴収はICカードによるプリペイド方式によって支払いされている。利便性の高い徴収体制が確立され、徴収率は全サブプロジェクトにおいてほぼ100%が実現されている。料金徴収率が財務面で負の影響を及ぼすことはない。

末端ユーザーへの小売価格²³は政府の物価局が設定する統制価格に供給会社の利益を載せた価格となっており、部門ごとに異なる料金が設定されている。民生部門へ

²³ 天然ガスのユーザーへの小売価格は、国家レベルで決定されるガス田からメインパイプラインを経て市のゲートステーションまでのシティゲート価格と、省レベルで決定される市内の価格を合わせた価格となる。

国家レベル：出荷価格＋パイプライン輸送費＝シティゲート価格

省レベル：シティゲート価格＋市内パイプライン輸送費（＋供給会社利益）＝小売価格

のユーザー価格は原価割れ、もしくは原価に近い価格で提供されているが、事業全体の収支としては交通や工業など高収益が望める部門の収入で補填されている。

阜陽市を除く 6 市のサブプロジェクトについては審査時に収益性が低いことが指摘されていたが、評価時には、データ提供のなかった淮南市以外のサブプロジェクトで、主な財務指標は全て改善されている。馬鞍山市のように天然ガス供給事業としてはマイナスになるサブプロジェクトもあるが、企業全体としては経常収支、営業利益率とも増加しており、安定的に経営が行われているため、財務面での持続性に大きな問題はない（別添 6 参照）。審査時と評価時の具体的実施機関の自己資本率を比較すると、馬鞍山市と銅陵市では審査時よりも増加、阜陽市は 28%、合肥市は 10%、蕪湖市は 16% 程度に減少している²⁴。これは設備や事業への投資増によるもので、天然ガス関連設備の拡張が引き続き行われている成長期でもあり、企業の経常収支は安定しており特段の問題はない。阜陽市の具体的実施機関の経営状態は群を抜いて良好である。その背景には、搬送量拡大だけではなく、天然ガス供給時の搬送中の損耗の比率を減らす努力があった。通常、天然ガスの搬送時に平均 8% 程度の損耗が発生するが、阜陽市の具体的実施機関はこの損耗率を約 3% に抑えている²⁵。

淮南市は、財務指標が提供されなかったため、経年の天然ガス事業の収支表を代用する。運行開始の 1 年目にあたる 2005 年、2006 年と赤字が続いた後、黒字転換したが、2010 年から再び赤字経営となり、その赤字幅は年々広がっている（表 25）。

表 25 淮南市の年間収支 (単位：万人民元)

	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
管理運営費	1,003	3,080	3,379	7,661	9,342	13,117	17,466	18,770
収入	822	2,938	3,536	7,816	9,654	12,416	15,790	17,100
収支	-481	-142	157.5	157.9	312	-700	-1,676	-1,670

出所：淮南市質問票回答。

淮南市の具体的実施機関へのヒアリングによると、天然ガス供給開始時から数年間、新規不動産デベロッパーとの調整ができておらず、民生部門、鉱業部門ともに顧客の開拓が遅れて収入を伸ばすことができなかったという。その後、調整に成功して顧客数を増やすことができたが、2010 年からは市内の配管網の建設が加速したため建設投資が増えており、また、その回収まで至っていないことが再び赤字となっている要因である。

天然ガス供給事業が赤字になった場合には、基本的に各具体的実施機関における企

²⁴ 滁州市と淮南市はデータ提供なし。

²⁵ 阜陽市では、国の規程よりも人による巡回の頻度を増やし、SCADA システムによって大型顧客のパイプラインを含め圧力を常に監視。これによってガス漏れや異常の早期発見と対処が可能となり、ガス漏れや盗難によるロス減らしている。このような取り組みによって、損耗率のうち、3～4%は盗難防止措置によって改善されている。

業努力が求められるが、合肥市の具体的実施機関のように市政府から赤字補てんされたケースがある²⁶。各市政府の発展計画委員会へのヒアリングでは、天然ガス供給は公共事業であるため、具体的実施機関が供給存続の危機に陥るなど補填の必要が高いと判断される場合には、補填を行う可能性があるという回答であった。したがって、淮南市の財務に若干の懸念はあるが他 6 市は順調な財務状況であり、総じて財務的持続性に大きな問題はないといえる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

全てのサブプロジェクトにおいて運営維持管理の状況が良好であることが確認された。施設には点検や修理に備えた予備設備が設置されている。設備の維持管理計画は、国の規程に準じて策定され、その計画に基づいた管理が行われており、管理記録、点検記録、マニュアルも整備されている。特に、メインパイプラインから天然ガスを市内に引き入れるゲートステーションは重要施設であるため、周囲を塀で囲んだ敷地内に設置し、24 時間体制の監視、人の出入りの監理、火気や静電気防止の対策が厳重にとられている。

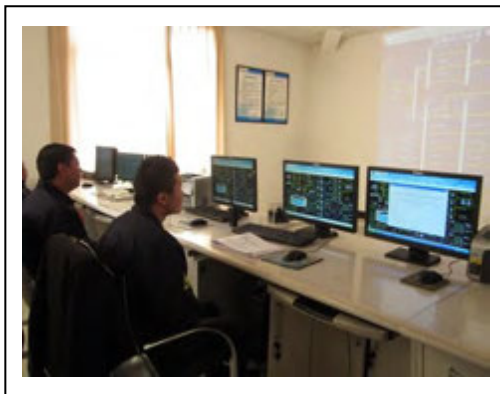


図 21 ゲートステーション内保安室
(蕪湖市)



図 22 火災に備えた防水池
(淮南市)

以上より、本事業の維持管理は体制、技術、財務状況ともに特段の問題はなく、本事業の持続性は高いといえる。

²⁶ 合肥市具体的実施機関への質問票回答、ヒアリングによると 2004 年と 2005 年に 1,800 万元、2006 年と 2007 年に 1,500 万元の計 6,600 万元が補てんされた。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

中国政府は大気環境を改善するために、クリーンエネルギーである天然ガスの一次エネルギー消費量に占める割合を引き上げ、汚染物質の排出総量を削減することを目標に掲げている。安徽省では審査当時、その 8 割以上を石炭に依存し、石炭燃焼に伴う汚染物質の排出により大気環境の悪化が深刻な問題になっていた。本事業は、国家プロジェクトである西気東輸の供給開始に合わせて、安徽省 8 市において天然ガス供給施設を整備し、大気汚染物質を削減しようというもので、実施の妥当性は高い。天然ガスの供給や転換も順調に進んでおり、本事業の目的は概ね達成されたと評価できる。対象都市の主要汚染物質はごく一部を除き国家大気環境 2 級基準を満たしており、大気環境へもプラスのインパクトをもたらしている。効率性に関しては、都市計画の変更の影響で事業が遅れ、事業費も物価の上昇により計画を若干上回ったことから、中程度と判断される。各市の天然ガス供給会社は、組織的、技術的、財務的に特段の問題はみられず、省・市政府による運営監理、環境モニタリング、安全管理体制も整っており、持続性は高い。

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

サブプロジェクト実施全市では「天然ガス利用政策」（2007 年）によって民生部門での利用は推進されたが、制限があった工業部門や電力部門については、具体的実施者は天然ガスへの転換が本来ならば進められる事業者の転換を抑えなければならなかった。今後、同政策が改定され、工業部門や電力部門の制限が緩和されていくと、天然ガス需要は増大することが予測される。また、冬場の天然ガス不足に対応するため、具体的実施機関は、西気東輸パイプライン以外の天然ガス供給パイプラインや事業者からの購入を検討、もしくはすでに開始している。天然ガスの供給源を広げる以外に、天然ガスの種類拡大も検討されていて、炭層ガスなどの非従来型天然ガスや、新技術で無害化された石炭由来のガスなどが対象になっている。実施機関としては、天然ガス供給源を複数化し、安定的な供給ができるようにするとともに、限られた国内の天然ガスをどのように効率的に利用していくのか明確に示し、それを促進するための支援が望まれる。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

- (1) 本事業の効果指標である削減量については、指標そのものに対する認識の違いや計算方法の違いなどからサブプロジェクト横並びで正確な数値を把握するのが困難であった。対象とする化石燃料も、家庭用石炭、工業用石炭を基本としつつも、ディーゼルなどその他燃料を含むか含まないかはサブプロジェクトごとに異なっていた。審査時に作成した主要汚染物質の単位当たり排出量や汚染物質対策環境も、10年の時の経過により変化するため、科学的な精密さを追求するならば正確な数値を出すことは難しい。こういった複雑な計算を求められる削減量の代わりに、石炭（家庭用、工業用、商業用）、ガソリン、ディーゼル、灯油、都市ガス（石炭ガス）、液化石油ガス（LPG）など燃料の天然ガスに転換される量を指標として設定し、その推移を記録する方が簡易でわかりやすい。このように、事業の効果指標には具体的実施機関が業務で定期的に記録しているデータで、可能であれば一次的データにすることが望ましい。
- (2) 中国では天然ガスの国内生産量が需要に追いつかず、「天然ガス利用政策」（2007年）によって、工業部門や電力部門での天然ガス使用が制限され、サブプロジェクトの天然ガス転換がこれらの部門での達成が計画より遅れる結果となった。本事業のように多くの外部の要因によって事業効果が左右されるような場合には、液化天然ガス（LNG）などの利用拡大により、天然ガス供給を安定させ、さらに、市内中心部の石炭ボイラーに対する総合的で厳格な取り締まりを実施するなど、化石燃料削減と天然ガスへの転換を推進するための政策的措置が適切にとられることが必要である。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット 1. 巢湖市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー2基 SCADA1基 ガス管（中圧管 82km） 天然ガススタンド3カ所	中止。
2. 滁州市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー2基 SCADA1基 ガス管(高圧管 38km、中圧管 260km) 天然ガススタンド3カ所	計画通り。
3. 阜陽市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー4基 SCADA1基 ガス管（中圧管 290km、低圧管 437km） 天然ガススタンド5カ所	計画通り。
4. 合肥市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー12基 SCADA1基 ガス管 456 km（高圧管 20km、中圧管 409km、低圧管 27km） 天然ガススタンド1カ所	ほぼ計画通り。 変更点は、ガスホルダー9基 ガス管 1,042 km（高圧管 22km、中圧管 570km、低圧管 450km）。
5. 淮南市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー6基 SCADA1基 ガス管 204 km（高圧管 56km、中圧管 131km、低圧管 17km） 天然ガススタンド6カ所	ほぼ計画通り。 変更点は、ガスホルダー2基 ガス管 614km（高圧管 38km、中圧管 129km、低圧管 447km） 天然ガススタンド5カ所。
6. 馬鞍山市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー5基 SCADA1基 ガス管 228 km（高圧管 1km、中圧管 227km） 天然ガススタンド1カ所	ほぼ計画通り。 変更点は、ガスホルダー2基 SCADA1基 ガス管 10,856 km（高圧管 10km、中圧管 227km、低圧管 629km）。
7. 銅陵市	ゲートステーション1カ所 SCADA1基 ガス管 261 km（中圧管 74km、低圧管 187km） 天然ガススタンド1カ所	計画通り。
8. 蕪湖市	ゲートステーション1カ所 ガスホルダー6基 SCADA1基	計画通り。

	ガス管 336 km (中圧 132km、低圧管 204km) 天然ガススタンド 2 カ所	
②期間	2003年3月～2007年12月 (58カ月)	2003年3月～2008年9月 (67カ月)
③事業費		
外貨	18,558百万円	18,538百万円
内貨	18,511百万円 (1,234百万元)	18,048百万円 (1,266.5百万元)
合計	37,079百万円	36,586百万円
うち円借款分	18,558百万円	18,538百万円
換算レート	2 元 = 15円 (2003年3月現在)	1 元 = 14.2514円 (2003 年 3 月～2008 年 9 月平均) 出所 : PACIFIC Exchange rate service University of British Colombia

別添資料

別添1 事業費

	計画値			実績値			
	外貨 (百万円)	内貨 (百万円)	合計 (百万円)	外貨 (百万円)	内貨 (百万円)	合計 (百万円)	計画比
巢湖市	1,265	48.29	1,989	中止			
滁州市	1,210	60.26	2,114	1,210	60.26	2,069	98%
阜陽市	1,815	108.01	3,435	2,192	130.3	4,049	118%
合肥市	4,841	370.41	10,397	4,874	371	10,162	98%
淮南市	2,190	139.98	4,290	2,378	161.88	4,685	109%
馬鞍山市	2,057	157.91	4,426	2,059	157.91	4,309	97%
銅陵市	1,369	85.64	2,654	1,402	86.13	2,629	99%
蕪湖市	3,811	264.21	7,774	4,424	298.99	8,685	112%
8 市合計	18,558	1,234.71	37,079				98.7%
7 市合計	17,293	1,186.42	35,090	18,538.09	1,266.47	36,587.06	104.3%

出所：PACIFIC Exchange rate service University of British Columbia

注：為替レート 計画時 1元=15円 評価時 1元=14.2514円

別添2 事業期間の計画/実績の差異

(単位：月)

	計画			実績			差異
	2003年3月～2007年12月	58		2003年3月～2008年9月	67		
全体	2003年3月～2007年12月	58		2003年3月～2008年9月	67		116%
滁州市	2003年3月～2006年12月	46		2003年3月～2007年12月	58		126%
阜陽市	2003年3月～2006年12月	46		2003年3月～2007年12月	58		126%
合肥市	2003年3月～2007年12月	58		2003年3月～2008年9月	67		116%
淮南市	2003年3月～2006年12月	46		2003年3月～2006年12月	46		100%
馬鞍山市	2003年3月～2006年12月	46		2003年3月～2007年12月	58		126%
銅陵市	2003年3月～2006年12月	46		2003年3月～2006年12月	46		100%
蕪湖市	2003年3月～2006年12月	46		2003年3月～2007年12月	58		126%

注：事業期間の定義は、L/A 調印から安徽省政府の検収完了まで。ただし、合肥市については検収完了時期が不明であるため、試運転完了時期を完了とみなした。

別添3 燃料価格の推移と種類別比較

熱量当たりの都市ガス価格の比較（滁州市）

(単位：元/MKcal)

	天然ガス			石炭ガス	LPG
	民生	工業	交通	工業	民生
2006	0.235	0.235	0.304	0.112	0.458
2008	0.235	0.283	0.342	0.143	0.437
2009	0.235	0.283	0.342	0.125	0.472
2010	0.235	0.338	0.426	0.147	0.552
2011	0.235	0.338	0.426	0.154	0.64

出所：滁州市質問票回答。

注：天然ガス熱量 8,400kcal/m³，石炭ガス 5,000kcal/kg LPG 11,000kcal/kg で計算。

別添4 事業によるインパクト

大気環境基準 (GB3095-1996 年制定) *

年平均値 (g/m ³)	日本の 環境基準**	1 級基準	2 級基準	3 級基準
SO ₂ (二酸化硫黄)	0.04	0.02	0.06	0.10
TSP (全浮遊粒子状物質)	0.10	0.08	0.20	0.30
NO ₂ (二酸化窒素)	0.04-0.06	0.04	0.04	0.08
PM10 (大気中浮遊粒子状物質)	0.04	0.04	0.10	0.15
CO (一酸化炭素)	10	4.0	4.0	6.0

* : 大気環境基準 (GB3095-2012) では基準値に変更はなし。目標達成年度が都市によって指定されている。

** : 1 時間値の 1 日平均値。

サブプロジェクトの大気汚染物質の濃度の改善

目標値を超過している数値はハイライトで示し、また前年から増加している数値は右側に上向きの矢印をつけた。

(単位 : mg/m³)

滁州市 滁州市環境観測所 目標値 : 第 10 次～第 12 次 2 級基準

年平均値	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2002 年	2007 年	2011 年
SO ₂	0.06	0.06	0.031	0.027	0.015
TSP	0.2	0.2	0.15	0.11	0.07
NO ₂	0.04	0.04	0.055	0.031	0.024
PM10	0.1	0.1	0.09	0.082	0.05
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所 : 質問票回答。

阜陽市 阜陽市区観測所 目標値 : 第 10 次～第 12 次 2 級基準

年平均値	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2002 年	2007 年	2011 年
SO ₂	0.06	0.06	0.011	0.022 [↗]	0.022 [↗]
TSP	0.2	0.2	N/A	N/A	N/A
NO ₂	0.04	0.04	0.034	0.03	0.021
PM10	0.1	0.1	0.112	0.091	0.088
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所 : 質問票回答。

合肥市 観測所平均値

目標値 : 第 10 次工業区 3 級、その他 2 級、第 11 次～第 12 次 2 級基準

年平均値	第 10 次目標値 (2005 年)	第 11 次目標値 (2010 年)	2002 年	2007 年	2011 年
SO ₂	0.10	0.06	0.02	0.023	0.024 [↗]
TSP	0.30	0.2	0.112	0.124	0.124 [↗]
NO ₂	0.08	0.04	0.024	0.026 [↗]	0.025 [↗]
PM10	0.15	0.1	0.096	0.116 [↗]	0.112 [↗]
CO	6.00	4	N/A	N/A	N/A

出所 : 質問票回答。

淮南市 目標値：第10次大通り区1級、その他3級、第11次 3級、12次2015年までに2級

年平均値	第10次目標値 (2005年)	第11次目標値 (2010年)	2002年	2007年	2011年
SO ₂	0.10	0.06	0.018	0.035	0.031 ↗
TSP	0.30	0.2	0.226	N/A	N/A
NO ₂	0.08	0.04	N/A	0.02	0.028 ↗
PM10	0.15	0.1	N/A	0.087	0.094 ↗
CO	6.00	4	N/A	N/A	N/A

出所：安徽省統計年鑑、2002年データは天然ガス利用規則（安徽省化工設計院2003年1月）。

馬鞍山市 市観測所中心点

目標値：第10次風景区1級、馬銅工業区3級、その他2級、第11次

年平均値	第10次目標値 (2005年)	第11次目標値 (2010年)	2002年	2007年	2011年
SO ₂	0.06	0.06	0.031	0.02	0.027 ↗
TSP	0.2	0.2	N/A	N/A	N/A
NO ₂	0.04	0.04	0.02	0.023	0.032 ↗
PM10	0.1	0.1	0.111	0.092	0.092
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所：質問票回答。

銅陵市 観測所平均値（TSP測定は2003年まで。COは2010年値）

目標値：2級

年平均値	第10次目標値 (2005年)	第11次目標値 (2010年)	2002年	2007年	2011年
SO ₂	0.06	0.06	0.029	0.083 ↗	0.055
TSP	0.2	0.2	0.275	N/A	N/A
NO ₂	0.04	0.04	0.034	0.032	0.022
PM10	0.1	0.1	N/A	0.088	0.079
CO	4	4	2.29	1.76	2.08 ↗

出所：質問票回答。

蕪湖市 目標値：第10次2級、工業地区3級、第11次～12次2級

年平均値	第10次目標値 (2005年)	第11次目標値 (2010年)	2002年	2007年	2011年
SO ₂	0.06	0.06	0.018	0.022	0.031 ↗
TSP	0.2	0.2	0.122	N/A	N/A
NO ₂	0.04	0.04	N/A	0.023	0.03 ↗
PM10	0.1	0.1	N/A	0.072	0.084 ↗
CO	4	4	N/A	N/A	N/A

出所：安徽省統計年鑑、2002年データは天然ガス利用規則（安徽省化工設計院2003年1月）。

別添 5 大気環境汚染物質排出削減への貢献度

サブプロジェクト7市による大気環境汚染物質の削減量

(単位：トン/年)

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
SO ₂	7,298	12,576	13,563	16,630	19,687	24,858
NO _x	4,994	7,403	9,505	11,056	12,895	16,294
TSP	14,270	18,951	23,717	27,898	32,523	41,402

サブプロジェクトの安徽省の排出量への貢献割合

	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
SO ₂	N/A	N/A	N/A	1.28%	2.26%	2.32%	3.12%	3.72%	4.78%
NO _x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.34%	1.77%
TSP	N/A	N/A	N/A	2.33%	3.11%	4.20%	5.37%	7.19%	N/A

別添 6 主な財務指標

滁州市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	N/A	N/A
営業利益率	△198%	4.2%	202.2%
税引き前利益率	△100.1%	4.2%	104.3%
経常収支率	90%	148%	58%
自己資本率	17.2%	N/A	N/A

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から財務諸表の代わりに質問票に提供された財務指標。

阜陽市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	3.0%	N/A
営業利益率	8.1%	6.1%	△2.0%
税引き前利益率	8.1%	6.1%	△2.0%
経常収支率	128.0%	125.5%	△2.5%
自己資本率	50.7%	28.3%	△30.4%

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から提供された財務諸表の 2010 年～2012 年平均値。

合肥市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	0.9%	N/A
営業利益率	3.6%	6.2%	2.6%
税引き前利益率	0.4%	3.7%	3.3%
経常収支率	89.7%	127.6%	37%
自己資本率	66.9%	10.6%	△56.3%

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から提供された財務諸表の2010年～2012年平均値。

淮南市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	N/A	N/A
営業利益率	Δ106.8%	N/A	N/A
税引き前利益率	Δ117.3%	N/A	N/A
経常収支率	93.5%	N/A	N/A
自己資本率	10.4%	N/A	N/A

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から財務諸表の代わりに質問票に提供された財務指標。

馬鞍山市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	29.4%	N/A
営業利益率	Δ106.8%	26.9%	133.7%
税引き前利益率	Δ117.3%	10.9%	128.2%
経常収支率	93.5%	136.9%	43.4%
自己資本率	10.4%	32.4%	22%

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から財務諸表の代わりに質問票に提供された財務指標。

銅陵市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	14.9%	N/A
営業利益率	Δ6.6%	13.4%	20%
税引き前利益率	Δ4.8%	13.3%	18.1%
経常収支率	101.9%	115%	13.1%
自己資本率	45.4%	42.8%	Δ2.6%

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から財務諸表の代わりに質問票に提供された財務指標。

蕪湖市

	審査時	事後評価時*	差異
総資本利益率	N/A	6%	N/A
営業利益率	Δ81.9%	8%	89.9%
税引き前利益率	Δ42.4%	N/A	
経常収支率	94.4%	115%	20.6%
自己資本率	34.0%	16%	Δ18%

出所：審査時のデータは具体的実施者（PIU）財務分析評価報告書、

*：事後評価時は具体的実施機関から財務諸表の代わりに質問票に提供された財務指標。

以上

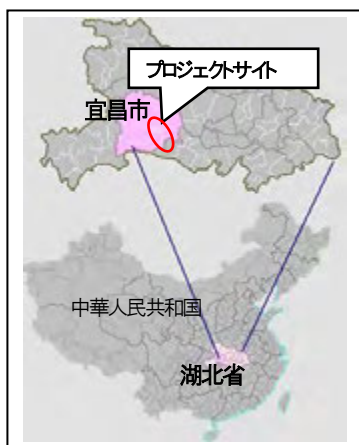
0. 要旨

本事業は、上下水道施設の整備・更新を行うことにより、宜昌市の水環境（河川の水質と給水の質）の改善を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズ、日本の対中国援助政策と合致しており、妥当性は高い。下水道整備については、下水処理量や処理後水質など、主要な効果を示す指標は全て目標を達成、もしくは上回っている。このことにより、宜昌市は国家地表水環境品質基準Ⅱ類を達成することができた。上水道整備については、宜昌市の都市開発計画に伴い、事後評価時において浄水供給量、給水人口、給水の濁度等、主要な効果を示す指標は、おおむね目標達成または改善傾向にある。特に本事業の目標の一つである給水の質の改善について目標を達成しており、効果の発現状況は良好と評価できる。その他、公害対策や汚泥のリサイクル、住民の生活環境・生活の質についても大きな効果が認められ、有効性・インパクトの達成度合いは非常に高い。なお、事業費は計画内に収まったが、事業期間に大幅な遅延が生じており効率性は中程度となった。本事業によって発現した効果の持続性については、上下水道それぞれの運営管理主体の維持管理体制、技術、財務について大きな問題はなく、持続性は高い。

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



臨江溪下水処理場の沈殿池

1.1 事業の背景

中国は1980年代以降、急速な経済成長をとげた反面、工業化と人口増加によって環境汚染も進行した。このため中国政府は特に90年代後半以降、環境保護政策を強化し、一定の成果を上げたものの、依然、汚染状況は深刻なレベルにあった。また、同時に都市部の水不足も深刻化し、大都市を中心に上水道整備が図られたが、多くの都市で水需給ギャップは依然として解消されていなかった。

中国中部6省の一つである湖北省の西部に位置する宜昌市は、長江の中上流域における政治、経済、文化の中心であり、物資の集散、輸送を担う重要河川港湾都市であるとともに、西部大開発地域における交通、物流の重要施設となる「長江沿岸鉄道（上海～重慶間）」、「滬蓉高速道路（上海～成都間）」の拠点でもあった。しかしながら、都市インフラ整備は全体的に遅れており、特に給排水インフラが不足していた。2001年当時、市内には下水処理場がなく、市街区の下水がすべて未処理のまま他市内河川等へ排出されていた。他方、宜昌市の給水率は100%であったが、宜昌市自来水公司（水道会社）の既存浄水場3箇所のうち2箇所は、それぞれ1959年、1987年に建設されたもので、技術レベルが低く、濁度基準を常時達成出来ていなかった。配水管網についても敷設後40年以上経過し、老朽化しているものが多く、パイプライン破断も年間100件を超えており、早急な改善が必要であった。

1.2 事業概要

宜昌市において、下水道施設の整備を行うことにより、市内河川の水質改善を図るとともに、上水道施設の改良を行うことによって給水の質の改善を図り、もって都市の持続可能な発展を促進することに寄与する。

円借款承諾額／実行額	8,460 百万円 / 8,459 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2003 年 3 月 / 2003 年 3 月
借款契約条件	【金利】 下水道整備：0.75%、上水道整備：2.2% 【返済】 下水道整備：40 年（うち据置 10 年） 上水道整備：30 年（うち据置 10 年） 一般アンタイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／宜昌市人民政府 (宜昌市都市建設投資開発有限公司)
貸付完了	2010 年 7 月
本体契約	Hubei Ruitian International Trading Co., Ltd (中国)・China Tiesiju Civil Engineering Group Co., Ltd. (中国) (JV) China First Metallurgical Construction Corporation (中国)・Wuhan Evestar Trading Co., Ltd. (中国) (JV) Hubei Provincial Minmetals International Trading Corp., Ltd. (中国)・Xinxing Ductile Iron Pipes Co., Ltd. (中国)・China First Metallurgical Construction Corp. (中国) (JV)
コンサルタント契約	Zhongyi International Tendering Company (中国)
関連調査（フィージビリティ・スタディ）:	中国市政工程中南設計院 (Central and Southern China Municipal

F/S) 等	Engineering Design & Research Institute) (2001 年)
関連事業	【技術協力】 国別研修「有償資金協力市下水道事業による維持管理」(2005 年) 【その他】 神戸市交流事業「上海・長江交易促進プロジェクト」による環境専門家派遣(宜昌市水環境改善)(2002 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：2012 年 8 月～2013 年 12 月

現地調査：2013 年 4 月 9 日～4 月 13 日、2013 年 7 月 23 日～7 月 26 日

3. 評価結果 (レーティング：A¹)

3.1 妥当性 (レーティング：③²)

3.1.1 開発政策との整合性

1) 審査時の開発計画との整合性

審査時の中国の国家開発計画は「第 10 次 5 カ年計画」であり、同計画に基づき、「第 10 次 5 カ年環境保護計画」が策定された。特に水環境については、2001 年～2005 年において「第 9 次 5 カ年環境保護計画」から重点分野としてすでに掲げられていた環境改善をさらに図るため、主要な汚染物の総排出量を 2000 年比 10%前後削減することを目標としていた。水質については、都市部の汚水処理率 45%達成(人口 50 万人以上の都市では同 60%を達成)、長江を含む主な河川と湖の総合的な水質改善対策に着手するといった個別の目標を掲げていた。また、主に上水道に関する水資源管理については、都市給水量を 4,500 万 m³/日増加させること、大中都市においては新たな水源開発により水供給の安定化を図ること等を目標として設定した。

上記の国家レベルの方針を踏まえ、湖北省政府は「湖北省国民経済と社会発展第 10 次 5 カ年計画」を、宜昌市政府は「宜昌市国民経済と社会発展第 10 次 5 カ年計画」を策定し、上下水道整備の改善を行うことを掲げた。具体的に宜昌市人民政府は、宜昌市中心城区排水工程計画において本事業「臨江溪下水処理場(20 万 m³/日)」をはじめ、5 つの下水処理場の建設を推進し、市内河川の水質改善を図ることとした。これに加え、水質改善に関して、湖北省政府は「湖北省環境保護第 10 次 5 カ年計画」を、宜昌市政府は「宜昌市環境保護第 10 次 5 カ年計画」を策

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

定し、それぞれにおいて地表水水質の改善目標及び同水質改善事業の実施を定めた。

2) 事後評価時の開発計画との整合性

事後評価時点における国家政策「第12次5カ年計画」(2011年～2015年)では、水資源について「資源節約・管理の強化：水資源の節約の強化」という目標の下、水資源管理制度の導入・実施による水資源の保護を厳格化し、節水型社会づくりを推し進めることを掲げている。また、都市污水处理率を85%までに高め、給排水、污水ごみ処理等を含めた基礎インフラ水準を全面的に向上させることを目標としている。同国家政策に基づき「第12次5カ年国家環境保護計画(2011年～2015年)」は8つの環境保護プロジェクトを掲げ、うち3つは水環境について2015年までに都市・農村の飲料水の水源地における環境の安全性を確実に保障し、水質の大幅な向上に努めることを掲げている。このように国家政策においても、引き続き上下水道と水環境改善が重要な分野であることがうかがえる。

上記国家政策に基づき、湖北省政府は「湖北省国民経済と社会発展第12次5カ年計画(2011年2月)」を、宜昌市政府は、「宜昌市国民経済と社会発展第12次5カ年計画(2011年1月)」を策定し、2011年～2015年に達成すべき上下水道インフラの強化やさらなる水質改善に関する政策を打ち出している。具体的に、宜昌市人民政府は表1に示す「上下水道インフラ強化」と「人間と水資源の調和がとれた水生態環境の構築」を目標として掲げている。

表1 宜昌市国民経済と社会発展第12次5ヶ年計画：水資源に係わる政策の内容

上下水道 インフラ 強化	- 水道管網の更新を加速し、十分な水供給、良好な水質、合理的な水道管網を配置し、自動的に管理可能な水供給システムを構築する。 - 都市部の主な水生産企業の供給能力を段階的に向上させ、予備浄水場を完備する。 - 都市部の水道普及率100%を確保し、都心部の水供給能力65万トン／日を達成する。 - 生活環境及び生態環境の保護を重視し、排水工事及び污水处理施設の建設を強化する。 - 旧市街地域の排水管網更新を加速させ、新市街の排水施設を整備する。 - 下水処理場の建設を加速することにより都市部の污水处理能力を向上し、2015年までに都市部污水处理率を90%までに向上させる。
人間と水資源の 調和がとれた水 生態環境の構築	- 飲料水の水源地の保護、安全飲料水事業の積極的な推進、都市予備水源地の建設の強化、都市・農村住民の飲料水の安全を確保することにより、飲料水の水質基準達成率100%を実現する。 2015年までに化学的酸素要求量の排出量を2010年比3.7%削減、アンモニア態窒素の排出量を4.1%削減する。

出所：宜昌市国民経済、社会発展第12次5ヶ年計画。

さらに、宜昌市政府は2010年に「宜昌市都市総合計画(2011～2020)」を策定し、都市計画区の面積を1,950km²から4,741km²に増加し、これに伴い同年、「宜昌市給水計画」を打ち出し

た。具体的には、本事業で更新が行われた浄水場を含む第一給水区画（以下市街区。生活・居住機能の拠点である西陵区、伍家岗区、小溪塔区）の市街地給水ネットワークと施設を最適化し、同ネットワークと、第二給水区画（新たな生活・居住区である点军区）、第三給水区画（工業団地が建設されている猓亭区と白洋区）を繋ぐことにより、宜昌市全体の給水の安全性を高め、給水コストを削減するという目的を達成することを掲げている。

上記の通り、中国国家レベル、および省・市レベルの開発政策において、審査時・事後評価時ともに、上下水道のさらなるインフラ整備と、水質（飲料水・排水）の改善を経済成長と調和を図るかたちで実施することが掲げられており、本事業と中国国家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

3.1.2.1 下水道に関するニーズ

宜昌市は重要河川港湾都市でありながら、2001年時点、下水処理場はなく、市街区の下水の内約6割が長江へ、約4割がその他市内河川等へ排出され、市街区における長江の水質は、国家水質環境基準で要求されているⅡ類³を超えていた。同市は国家環境保護第5カ年計画および国務院が定めた基準により2005年までに汚水処理率60%以上、2010年までには70%以上とすることが求められていた。また、2001年において宜昌市は表2に示す1～5の5つの下水処理場の建設を推進し、市内河川の水質改善を図ることが計画され、本事業は、合計処理能力31.8万m³/日のうち63%を占めていた。

表2 宜昌市下水処理場建設計画：2012～2020年

下水処理場名	処理能力（m ³ /日）		
	2001年 審査時計画値	2012年 事後評価時実績	2020年 長期計画
1. 臨江溪下水処理場 (本事業)	20万	20万	30万
2. 紗河下水処理場	5万	3万	5万
3. 西堰下水処理場	3.5万	下水管網とポンプステーション 建設に変更	
4. 点軍下水処理場* ¹ (2013年6月完成予定)	1.5万	1万	2万
5. 江南第2下水処理場	1.8万	整備検討中* ²	
6. 花艷下水処理場	—	2.5万	10.2万
7. 猓亭下水処理場	—	4.1万	10.2万
合計* ³	31.8万	30.6万	57.4万
本事業貢献度合い* ⁴	63%	65%	52%

出所：宜昌市都市建設投資開発有限公司。

*1：審査時の名称は「江南第1下水処理場」

³ 国家環境保護局が2002年4月28日に第3次改定を行った「地表水環境品質基準（GB3838-83）」は、24の水質指標値を設定しており、地表水環境品質を次の5に分類している。Ⅰ類：主に水源地の水、国家自然保護区／Ⅱ類：主に集中式生活飲料水地表水源地一級保護区、希少水生生物生息地、魚類・甲殻類産卵場、稚魚の餌場等／Ⅲ類：主に集中式生活飲料水地表水源地二級保護区、魚類・甲殻類の越冬場、回遊経路、水産物養殖場等漁業水域及び水浴場／Ⅳ類：主に一般工業用水水域及び人体が直接触れない娯楽用水水域／Ⅴ類：主に農業用水水域及び一般景観用水水域。

*2：処理能力は3万m³/日を予定

*3：2012年と2020年は江南第2下水処理場を除く

*4：全下水処理場の合計処理能力に占める臨江溪下水処理場（本事業）の処理能力の割合

事後評価時においては前述の都市総合計画に基づき、いくつかの変更が実施され（詳細は「3.4.1 アウトプット」参照）、表2の6・7の下水処理場が追加建設されており、2012年時点の合計処理能力は30.6万m³/日、うち本事業の処理能力は65%を占め、審査時に想定されていた通り重要な役割を担っている。さらに、宜昌市は今後の都市化によるニーズに対応することを見通し、現在稼働している処理場の能力拡大にも備えている。なお、表2に示す通り、2020年の長期処理能力は合計57.4万m³/日を予定しており、長期計画においても本事業の貢献度合いは52%と引き続き重要な役割を担うことが推測される。

以上、事後評価時における宜昌市の水環境は審査時と比べ著しく改善しており、水質についても2007年からは国家水質環境基準Ⅱ類を達成し、汚水処理率も2012年には91%と達成している。しかしながら、宜昌市は重要河川港湾都市として過去5年間の平均経済成長率20%と継続的な発展を続けており、同経済成長に伴う下水流量も継続的に増加していくものと推測される。加えて、前述の都市総合計画では工業化も推進しており、今後8つの工業団地が建設される予定もあることから、工業廃水処理のニーズもさらに高まるものと考えられる。以上の点から、引き続き下水処理能力強化に関する開発ニーズは高いといえる。

3.1.2.2 上水道に関するニーズ

審査時、宜昌市市街区の給水能力は34万m³/日、給水人口は42万人、給水率は100%であった。そのうち、本事業で改修の対象となった当初の既存浄水場3箇所のうち2箇所（表3に示す第一、第三浄水場／合計供水能力26万m³）は、それぞれ1959年、1987年に建設されたもので、技術レベルが低く、濁度基準を常時達成出来ず年数回の運転停止を行い点検・修理を行っており、その都度給水停止が生じていた。配水管網についても敷設後40年以上経過し、老朽化しているものが多く、2000年には漏水率が22%、パイプライン破断も年間100件を超えており、早急な改善が必要であった。

事後評価時における宜昌市市街区の給水能力は50万m³/日、給水人口は61.3万人（2012年）、給水率は引き続き100%である。本事業により配管網が一部更新されたことにより漏水率も17%に減少し、給水の濁度についても基準を達成し、著しい改善がみられる（詳細は「3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）」を参照）。

表3 宜昌市街区浄水場：現状と短期・長期計画

浄水場名	2012 年実績 供水能力 (m ³ /日)	2015 年見込み 計画供水能力 (m ³ /日)	2030 年見込み 計画供水能力 (m ³ /日)
第一（本事業）	16 万	16 万	16 万
第三（本事業）	10 万	10 万	20 万
第四	10 万	10 万	20 万
西壩	8 万	8 万	10 万
夷陵第三	6 万	6 万	15 万
合計	50 万	50 万	81 万
本事業貢献度合い*	52%	52%	44%

出所：宜昌市市街区給水計画。

*：全浄水場の合計供水能力に占める第一および第三浄水場（本事業）の供水能力の割合。

一方、前述の宜昌市給水計画においても、今後の経済成長と都市化に伴い宜昌市全体の水需要が増加することが予測されており、引き続き給水能力の強化は重要な課題である。なお、表3に示すとおり、本事業の対象となった浄水場は宜昌市街区の供水能力の52%と貢献度合いが高く、2030年までの長期給水能力でも44%と、引き続き重要な役割を担うことが予想される。

上記の通り、審査時における開発ニーズはもちろんのこと、今後の宜昌市の経済成長に伴う下水処理能力・上水道供給能力強化の開発ニーズが事後評価時においても存在しており、本事業と宜昌市の開発ニーズとの整合性は審査時・事後評価時ともに確保されている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府は2001年に策定された「対中国経済協力計画」において、従来型の沿海部中心のインフラの整備から、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とし、6つの重点分野が定められた。本事業は中でも、水質汚濁等の公害対策、森林保全・造成を含む生態環境保全、水資源の持続可能な利用を支援する「環境問題など地球的規模の問題に対処するための協力」、ならびに沿海部と内陸部の格差是正のための経済・社会開発を支援する「貧困克服のための支援」と合致している。これに加え、旧国際協力銀行の「海外経済協力業務実施方針（2002～2005年）」においても貧困削減への対応の強化や経済成長に向けた基盤整備、環境保全・公害防止への支援などの重点分野の中で、上下水道整備、水資源問題への取り組みの必要性について明示している。さらに、2002年策定の国際協力機構（JICA）の「国別業務実施方針」では、水環境・水資源分野の援助方針について、下水道事業等政府の役割が求められる公的な事業を重点対象とすること、環境行政能力向上等ソフト面の支援を行うために地方自治体との連携を強化し、ノウハウの移転に努めることを盛り込んでいる。

上記の通り、本事業と日本の援助政策（「対中国経済協力計画」・「海外経済協力業務実施方針」・「国別業務実施方針」）との整合性が確保されている。

以上より、本事業の実施は中国湖北省宜昌市の開発政策、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 有効性⁴（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

3.2.1.1 下水道整備

下水道整備の効果については、主に下水処理場の下水処理量と放流水の水質、宜昌市市街区の汚水処理率、下水道普及率といった指標の計画と実績値を比較する形で評価を行った。

a. 下水道設備の運用・運用効果指標

表4に示す通り、審査時に設定された下水処理量等主要6指標について、2010年に全て計画値を達成した。追加的に収集した汚泥処理量、汚泥再利用率、料金回収率については、運転開始以降の汚泥処理量は6,000～6,500トンで推移しており、その100%が再利用されている。料金回収率についても94～96%と高く、総じて下水設備の運用が適切であり、効果も発現していることが判明した。

表4 下水道整備の運用・効果指標

指標名	基準値 2002年	計画値 完成後	実績値 (達成率)				
			2008年 運転開始	2009年	2010年	2011年	2012年
臨江溪下水処理場 下水処理量 (万 m ³ /日)	0	12 * ¹	16.9 (141%)	16.0 (133%)	14.5 (121%)	15.6 (130%)	16.0 (133%)
施設利用率 (%) * ²	0	60	84.3 (141%)	80.0 (133%)	72.5 (121%)	78.0 (130%)	79.0 (132%)
宜昌市市街区 汚水処理率 (%)	0	84	86 (102%)	88 (105%)	88 (105%)	90 (107%)	91 (108%)
汚水処理人口 (万人)	0	57	55.4 (97%)	56.3 (99%)	57.2 (100%)	58.1 (102%)	59.2 (104%)
幹線管渠整備率 (%) * ³	60	100	100 (100%)	100 (100%)	100 (100%)	100 (100%)	100 (100%)
下水道普及率 (%) * ⁴	0	60	60 (100%)	62 (103%)	64 (107%)	68 (113%)	69 (115%)
汚泥処理量 (トン/年)	—	設定 なし	6,444.5	6,265.3	6,326.5	6,023.1	6,478.7
汚泥再利用率 (%)	—	設定 なし	100	100	100	100	100
料金回収率 (%) * ⁵	—	設定 なし	96	94	95	95	95

出所：目標値はJICA 審査時資料。実績値は宜昌市都市建設投資開発有限公司。

*1：中国では通常設計最大処理能力（本事業の場合 20 万 m³/日）の6割を計画値とする。

*2：施設利用率＝日平均処理量÷設備能力

*3：幹線管渠は下水処理場・ポンプ場に直接接続する下水導管。幹線管渠整備率は整備済み延長÷計画総延長

*4：下水道普及率＝処理人口÷処理対象人口

*5：料金回収率＝徴収額÷請求額

⁴ 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。

b. 臨江溪下水処理場の放流水の水質



図1 臨江溪下水処理場の
処理前（左）・処理後の水（右）

表5で示す通り、全ての水質の指標が計画値を達成、もしくはそれを上回っており、国家地表水環境品質基準Ⅱ類を達成した。2002年には8,766トン／年であったBOD（Biochemical Oxygen Demand）排出量が2012年には548.9トン／年まで減少し、13,140トン／年であったSS（Suspended Solids）排出量についても2012年には815.3トン／年まで削減された。BOD濃度とSS濃度の処理前濃度は、減少傾向が若干停滞しているが基準値以下に維持できている。

BOD削減率は運転開始以来90％台で推移しており、SS削減率については年々削減率が増加し、2012年には両指標とも94％を達成した。化学的酸素消費量やアンモニア性窒素等、その他水質汚濁指標についても大きな改善がみられる。さらに、大腸菌群数も2002年の4,000 MPN/100mlから2012年には940 MPN/100mlへと大きく減少し、大腸菌群数減少率は本事業運転開始以降77％を保っている。このように本事業による放流水の水質には目覚ましい改善が見受けられる。

表5 臨江溪下水処理場の放流水の水質

放流水の水質	基準値 2002年	計画値 国家基準 Ⅱ類 (完成後)	評価の基準 基準値以上／以下 なら良好	実績値*1				
				2008年 運転 開始	2009年	2010年	2011年	2012年
BOD（生物化学的酸素 要求量）排出量 （トン／年）	8,766	1,460	基準以下	815.9	850.3	729.7	769.9	548.9
BOD削減率（％）	—	83%	基準以上	91%	90%	92%	91%	94%
BOD濃度 mg/l	入口	120	—	65.1	78.2	106.0	87.5	103.6
	出口	≤20	基準以下	13.2	14.6	13.8	13.5	10.5
SS（浮遊物質） 排出量（トン／年）	13,140	1,460	基準以下	1,102.9	994.9	874.2	897.2	815.3
SS削減率（％）	—	89%	基準以上	92%	92%	93%	93%	94%
SS濃度 mg/l	入口	180	—	171.6	144.9	145.9	126.6	146.3
	出口	≤20	基準以下	13.2	17.1	16.5	15.7	15.6
COD _{Cr} （化学的酸素要 求量）mg/l	250	≤60	基準以下	40.4	26.4	34.3	31.8	27.1
NH ₃ -N（アンモニア性 窒素）mg/l	25	≤15	基準以下	4.4	4.5	4.6	4.0	4.8
T-N（総窒素） mg/l	入口	35.7	—	18.9	15.8	39.5	33.5	28.9
	出口	≤15	基準以下	10.7	9.7	7.8	7.3	6.7
T-P（総リン） mg/l	入口	3	—	1.9	1.1	1.1	1.0	0.9
	出口	≤0.5	基準以下	0.7	0.5	0.2	0.3	0.4
pH（範囲）	7.3~7.9	7.3~7.9	基準以内	7.3~7.9	7.3~7.9	7.3~7.9	7.3~7.9	7.3~7.9
大腸菌群数 （MPN/100ml）*2	4,000	1,000	基準以下	920	930	920	930	940
大腸菌群数減少率	—	75%	基準以上	77%	77%	77%	77%	77%

出所：目標値はJICA 審査時資料及びF/S。実績値は宜昌市都市建設投資開発有限公司。

*1: BOD 排出量（トン／年）以外は年平均値。

*2：MPN は Most Probable Number の略で最確数を意味する。

3.2.1.2 上水道整備

上水道整備の運用・効果指標を表6に示す。

表6 宜昌市街区の上水道設備の運用・効果指標

	現状 2000 年	目標値 2010 年	実績値 (達成率)				
			2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
上水供給量 (万 m ³ ／日)	25	35	22.62	22.89	23.70 (68%)	25.16 (72%)	26.88 (77%)
施設利用率*1 (%)	—	—	76	77	78	79	80
給水人口 (万人)	42	52	60.1	60.2	60.3 (116%)	60.6 (117%)	61.3 (118%)
上水道普及率*2 (%)	100	100	100	100	100	100	100
一人当たり生活用水量 (l／人・日)	252	300	255	260	265 (88%)	270 (90%)	280 (93%)
漏水率 (%)	22	7	18	18	18	18	17
水質 (濁度) 年最大値 NTU*3	17	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0
水道料金収入 (万元)	4,118	7,980	5,800	5,730	5,822 (73%)	6,008 (75%)	6,663 (83%)

出所：目標値はJICA 審査時資料およびF/S。実績値は宜昌市都市建設投資開発有限公司。

*1：施設利用率＝日平均給水量÷施設能力。

*2：水道普及率＝給水人口÷都市人口。

*3：NTU (Nephelometric Turbidity Unit) は液体中の非溶解微粒子の密度。

8 指標のうち、給水人口、上水道普及率、水質については2010年の目標を達成しており、上水供給量、一人当たり生活用水量、水道料金収入と施設利用率については、目標は達成できていないものの、いずれも2008年から2012年まで着実に増加傾向にある。なお、上水供給量の目標が達成できていない背景には、宜昌市開発計画に基づき大口需要家であった工場が市街地外に移転し、需要構造に変化が生じたことが挙げられる。なお、普及率は100%であるため需要を十分満たしていると判断される。他方、漏水率については、老朽化した配水管網の取り換えが追い付いていないことから、本事業の目標値である7%を達成できていないものの、湖北省政府が定める漏水率基準は18%であり、同基準値は概ね達成できている。また、本事業の目標である「給水の質の改善」という観点からは、濁度が≤1.0NTUと、国が定める≤3.0をさらに下回っており、本事業による効果が発現している。総じて、上水道整備の運用・効果指標は目標を達成、もしくは着実に改善傾向にあるといえる。

以上、上下水道整備とも総じて定量的に高い効果が発現していると判断する。

3.2.2 定性的効果

審査時で定性的効果として想定されていた「公害対策に資する効果」と「リサイクル効果（下水処理後の汚泥の再利用）」について、本事後評価では本事業のインパクトレベルの効果として理解し、以下「3.3 インパクト」の項で統合して評価を行った。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

審査時の想定インパクト「持続的な発展」は明確に定義されていなかったため、「公害対策に資する効果」と「住民の生活環境・生活の質の改善」をインパクトとした⁵。

3.3.1.1 公害対策に資する効果

本事業は審査時、下水処理場の建設、下水管網の整備、浄水場の改良、水道管網の整備により、長江とその他市内河川等の水質汚染を改善するとともに、水道水の水質が改善することが期待されていた。審査時以前から、宜昌市政府は経済成長と環境保全とのバランスを考慮した努力を行ってきた。本事業はそのような政策を支援し、さらなる水環境の改善と公害対策、自然環境全般の保全に貢献したといえる。

本事業開始前に下水が放出されていた地域に最も近いモニタリング地点3点（鎮川門、長江万寿寺、長江臨江溪川下）についてCOD、BOD、SS、アンモニア性窒素の水質指標の推移を確認したところ、表7の通り、全ての地点で水質が改善し、2002年には国家基準Ⅲであったのが、本事業の下水処理場が開始した2008年以降、国家基準Ⅱ類を達成し、維持している。下水道処理施設が皆無であった宜昌市にとって、本事業は水環境改善に資する重要な事業であったことは明確である。

表7 モニタリング地点における水質の推移

モニタリング地点	モニタリング項目	2002 (審査時)	2008 (運転開始)	2009	2010	2011	2012
鎮川門	COD 濃度	19.6	13.9	13.5	13.4	13.8	13.9
	BOD 濃度	3.8	2.4	2.5	2.3	2.4	2.8
	SS 濃度	18	15	14	15	13	12
	アンモニア性窒素	0.84	0.49	0.38	0.39	0.38	0.38
	国家基準	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
長江万寿寺	COD 濃度	19.5	11.9	12.1	11.6	11.9	11.7
	BOD 濃度	3.7	2.7	2.9	2.8	2.6	2.5
	SS 濃度	16	15	17	19	17	15
	アンモニア性窒素	0.86	0.41	0.49	0.4	0.39	0.38
	国家基準	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
長江臨江溪川下	COD 濃度	19.5	13.1	12.7	12.8	12.5	12.4
	BOD 濃度	3.4	2.8	2.7	2.8	2.9	2.6
	SS 濃度	19	18	14	12	11	12
	アンモニア性窒素	0.79	0.43	0.48	0.38	0.4	0.41
	国家基準	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ

出所：実施機関提供資料に基づく。

⁵ インパクトとして「宜昌市の投資環境・経済発展に資する効果」についても検証したが、経済成長や国内外直接投資の誘致に上下水道を含むインフラ整備は欠かせないものの、本事業がどの程度宜昌市の経済成長や国内外直接投資誘致促進に貢献したのか、直接因果関係を計ることは困難であった。

2008 年以降、環境・衛生について表 8 に示す環境・衛生に関する国家レベルの賞を受賞している。これらは厳格な基準に基づく審査を合格して初めて受賞できるものであり、2～3 年毎に再審査が実施される。これらの賞の中でも、「国家環境保護模範都市」は、全国 285 地級市（2012 年 6 月現在）のうち 2010 年には 8 市、2011 年には 7 市のみが受賞できた貴重な賞である⁶。受賞の背景には本事業による水環境改善はもちろんのこと、本事業で実施された本邦研修が活かされたセメント工場での汚泥リサイクル事業が重要な要因であったことが明らかとなった（本邦研修と汚泥リサイクルについては後述の「コラム」を参照）。

表 8 宜昌市が受賞した環境・衛生に関連する国家レベルの賞

賞名	受賞日	授与機関
国家衛生都市	2008 年 11 月 17 日	全国愛国衛生運動委員会
国家環境保護模範都市	2010 年 2 月 9 日	国家環境保護部
第 3 回全国文明都市	2011 年 12 月 20 日	中央精神文明建設指導委員会弁公室

出所：実施機関、環境保護局提供資料。

3.3.1.2 住民の生活環境・生活の質の改善

住民への住環境・生活の質の改善について、定性的な効果を把握することを目的とし、本事業対象地域の住民 50 名に対して受益者調査を実施した⁷。同調査では主に「給水や河川の水質・自然環境」、「生活用水・排水に関する住民の意識改善」、「上下水道事業（サービス等）」に関する満足度、「本事業の目標達成度合いに関する意見」の 4 項目について、それぞれ 5 年前（本事業完了前）と現在の状況を比較する形で質問を作成し、変化を確認した（表 9）。

⁶ 同様に「全国文明都市」は 2005 年に第 1 回、2009 年に第 2 回、2011 年に第 3 回が実施され、地級市については各回 12～14 市のみが受賞している。宜昌市は第 3 回で受賞した 14 地級市の一つである。

⁷ サンプル数合計 50 名（内男性 35 名、女性 15 名）／年齢分布：20～29 歳（54%）・30～39 歳（36%）・40～49 歳（10%）／月平均月収：9,280 元／地域分布：伍家崗（32%）、西陵（42%）、その他（26%）／住居形式：集合住宅（76%）・戸建（18%）・その他（6%）。

表9 本事業の受益者調査結果

項目	結果
給水や河川の水質・自然環境	<u>給水の質</u> - 水道水の水質・安全性については88%が「安心である」と回答し、本事業の目標の一つである「給水の質の改善」について大きな効果があったことが裏付けられた。「不安である」と回答した残り12%については、その理由として「水道水をつくる過程で薬品（塩素等）を使っていると思うから」が最も多くあげられた⁸。 <u>河川の水質・周辺の自然環境</u> - 濁り・臭い・ゴミ等の浮遊物・河川周辺の植物の生息・河川周辺の生物の生息の5項目について、5年前と現在の変化について評価を求めたところ、「ある程度改善した」、「非常に改善した」と回答した受益者は、全ての項目において85%～90%であった。「あまり改善していない」「全く改善していない」という回答が最も多かったのは「河川周辺の生物の生息（15%）」のみであった。総じて本事業実施前と比べ、現在の河川の水質・周辺の自然環境が大幅に改善していることが明らかとなった。
生活用水・排水に関する住民の意識改善	「節水を心がける」、「排水溝に油やごみを流さない」、「石鹸や洗剤は必要以上使わない」、「鍋や皿のひどい汚れはふき取ってから洗う」、「有害なものは下水に流さない」の5項目について意識の変化を確認したところ、「節水を心がける」と「排水溝に油やごみを流さない」について「非常に向上した」、「やや向上した」と回答した受益者はそれぞれ96%と88%と非常に高く、他の項目についても60%以上と高かった。「生活排水の再利用や節水対策についてさらなる改善を模索してほしい」といった意見も多く、下水道が整備されると同時に、住民の意識も改善していることが明らかとなった。
上下水道事業（サービス等）に関する満足度	下水道事業全般に関しては「満足している」と回答した受益者は86%、上水道事業全般については96%と、上下水道事業（サービス等）ともに受益者の満足度も大きく向上している。
本事業の目標達成度合いに関する意見	改めて本事業の目標を説明し、「本事業は目標を達成したか否か」質問したところ、「目標は達成した」と回答した受益者は77%と高かった。主な理由としては、「周辺環境が改善した」、「宜昌市が全国衛生文明都市に選ばれるほど、市の自然環境が大幅に改善した」、「上水道を家庭で使用するにあたり不安や健康問題等が全く無くなった」であった。「目標を達成していない」と回答した22%について、主な理由は「少量の生活汚水がまだ河川に直接排出されている」であった。

出所：受益者調査結果に基づき評価者が作成。

上記の通り、受益者調査の結果、本事業は宜昌市の河川の水質、給水の水質の改善、それらによる生活環境の改善、住民の意識改革にもつながっている。さらにサービス等を含む上下水道事業への満足度も改善しており、総じて本事業による生活環境・生活の質の改善に関する一定のインパクトが認められる。

⁸ なお、健康への影響については本事業との明確な関連性は確認できなかった。この背景には、大半の受益者が、特に飲み水について「沸かしてから飲む（77%）」、「ミネラルウォーターを飲む（8%）」、「浄水器を通して飲む（8%）」といった生活習慣の変化などがあると思われる。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト⁹

a 環境モニタリング

審査当初、事業完了後の環境モニタリング体制について宜昌市環境保護局が年6回の頻度で、国家環境保護総局の基準に従って、河川の水質（COD、BOD、SS、アンモニア性窒素等）のモニタリングを行うことが予定されていた。これに加え、下水処理場についても、各処理場の責任のもと流入水及び放流水について水質検査を毎日実施することが想定されていた。これらのモニタリングは、事後評価において計画通り実施されていることが確認できた。長江等市内河川の水質モニタリングについては、宜昌市環境保護局水質モニタリング室（13名）が年6回行っている¹⁰。各下水処理場についても、流入水及び放流水について水質検査を毎日実施している。さらに環境保護局が宜昌市の環境モニタリングステーションに委託し、四半期毎に各下水処理場の水質のモニタリングを行っており、不合格である場合、原因分析と実査を行い、下水処理場運営企業に責任がある場合は、改善要請と指導を行っている。

これらの環境モニタリングが計画通りに実施され、さらに強化されたことにより、宜昌市を流れる河川の水質は大幅に改善しており、自然環境に関する正のインパクトが認められる（詳細については「3.2.1 定量的効果」、および「3.3.1.1 公害対策に資する効果」を参照）。

b 事業建設中の環境汚染対策

本事後評価では、環境へのインパクトとして事業建設中の汚染対策について確認した。事業建設中は、環境アセスメントの要求を満たし、国家環境基準に準ずる防塵・廃水処理・騒音・廃棄物処理に関する対策を行った。

事業建設中の、排ガス、廃棄物処理、粉じん、濁水、騒音、振動の6項目について前述の受益者調査で確認したところ、排ガス・廃棄物処理・粉じん・濁水については受益者の70%以上が、騒音と振動については60%以上が「非常に気になった」もしくは「やや気になった」と回答した。また、回答者12名（24%）については、市政府に対し、粉じんや、騒音に関する苦情を申し立てており、それらに対し、実施機関は散水・清掃を頻繁に行う、工事現場を塀で囲う、夜間の騒音を抑制するなどの措置を強化した。苦情を申し立てた12名中10名は、これらの対策により「状況が改善された」と回答した。事業建設中の汚染対策は必ずしも万全であったとは言えないが、住民の苦情に対し、実施機関は可能な限り対応をしていたことが明らかとなった。

c リサイクル効果（下水処理後の汚泥の再利用）

審査時、下水処理場から発生する汚泥は宜昌市農業科学研究所が汚泥を検査し、合格分については、有機肥料に加工し、植栽、花畑と園芸に使用する予定であった。しかし、2005年にJICAの本邦研修「有償資金協力市下水道事業による維持管理」に参加した実施機関の技術者1名が、帰国後、日本におけるセメント工場での汚泥の再利用の例を取り入れることを提案し、現在では宜昌江溪下水処理場の運営に伴い発生する汚泥（16トン/日）は100%華新水泥（宜昌）有限公司の乾式セメントキルン（汚泥処理能

⁹ 本事業は、審査時において環境影響評価報告書が作成済みであり、国家環境保護総局による承認も2001年9月6日に取得済みであった。

¹⁰ 宜昌市環境保護局への聞き取りによれば、水質のモニタリングは2007年まで試験的に年1回実施し、2008年からは徐々に体制を強化し、2008年は年3回、2009年は年4回、2010年と2011年は年5回、2012年から年6回実施している。

力150トン/日)との連携で再利用されている。この処理を行うために、宜昌市政府は汚泥1トン当たり200元を華新水泥(宜昌)有限公司に支払っている。

【コラム】汚泥リサイクル効果：円借款事業と技術協力（本邦研修）の連携

2008年11月13日に民間セメント企業である華新水泥(宜昌)有限公司と、本事業の実施機関である宜昌市都市建設投資開発有限公司、下水処理場の運営主体である宜昌三峡水務有限公司の間で「宜昌市市政汚泥処理協力協議書」が締結された。合理的な汚泥処置方法がなく、環境保護関係者たちを悩ませていた当時の中国にとって、下水処理場の汚泥を乾式セメントキルンと連携して汚泥を処理するこの技術は、国家環境保護部から高く評価され、2010年に重要環境保護技術として全国の中省都市に普及されるべき技術として取り上げられた。

中国の汚泥リサイクルにおける大きな一歩となったこの技術が導入された背景には、本円借款事業と連携して2005年10月から1ヵ月間実施した「市下水道事業による維持管理」がある。同本邦研修に参加した実施機関の技術者が、日本で様々な事例を視察し、ヒントを持ち帰り、民間企業と環境保護に力を入れていた市政府との連携を通じ、最終的に具体化に至った事例である。

研修員は日本の都市を視察し、北九州市で汚泥をセメントの原料としてリサイクルする処理法を導入していることを知った。また、各都市がそれぞれの状況に応じた処理法を選択することにより、汚泥のリサイクルと環境保護の両方の目的を果たすことが可能であることを直に学び、「宜昌市下水処理場の汚泥処置」と題した課題研究を作成した。2008年、本事業で新設した臨江溪下水処理場の稼働が開始し、宜昌市政府は国家環境保護モデル都市をつくり上げ、都市環境をさらに改善し、都市住民の生活水準を高めるため、「都市汚水汚泥処置プロジェクト」を開始した。研修員は、本邦研修で取得した知識と経験を活かし、宜昌市の特徴を踏まえ、汚泥処理にはセメント工場における原料化の技法を導入することが最適と判断し、華新水泥(宜昌)有限公司と技術研究を重ね、その処理案を市政府に提出し承認された。

本事後評価時際し、当時研究に参加した研究員が執筆した「宜昌市都市生活下水処理場—汚泥処理を振り返って」の中で、「日本で私利私欲なく指導して下さった講師の方々と、同行したみなさんに感謝し、日本と中国が環境保護事業を共に生み出し、より多くの成果を挙げ、全世界の人々を幸せにすることを願います」と締めくくっている。同研修員は、現在、実施機関の事業技術管理業務のチーフエンジニアとして活躍している。



図2. 工場内に設置されている
汚泥リサイクルの工程図



図3. 汚泥の乾燥・粉砕
(汚泥リサイクルの最初の工程)

3.3.2.2 住民移転・用地取得等

住民移転はなく、下水道整備のみ用地取得が想定されていた。現地調査において、用地使用者92世帯を対象とした合計8.8haの用地取得が確認された。用地は主に農地であった。実施機関は2002年8月から10月にかけて、用地使用者世帯に対し、意見調査・調整を実施し、国家基準に基づく20.135万元/ムー¹¹の補償金を支払うことで合意し、2002年11月22日には「用地使用権譲渡契約」が締結され、宜昌市土地管理局の承認のもと用地取得は無事完了した。なお、受益者調査では「用地取得のプロセスが複雑で手続きが多かった」等、少ないながらも不満があったものの、概ね予定通りに実施されたことは確認できた。

3.3.2.3 その他、正負のインパクト

審査時において以下のその他、正負のインパクトが想定されていた。

- a. 文化財「天然塔」への影響：事前の配慮により事後評価時の実査においても同文化財への影響がなかったことが確認できた。
- b. 下水処理場の排水口付近にはコンクリート処理が行われ、排水による土砂流出の恐れは生じていない。
- c. 漁業者：審査時・事後評価時とも市街区内の長江流域には漁業者は存在しないことが確認できた。

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

3.4.1.1 下水道施設の整備

臨江溪下水処理場は計画通り新設された（表10参照）。中継ポンプ場については、アウトプットが5カ所から3カ所に減少した。理由は、実施機関が「西陵一路」と「開発区」の2カ所の建設を中止し、「万寿橋」の能力を100,000m³/日から220,000m³/日へと変更し、ポンプ場の機能を3カ所に集約することにより、設計の効率化を図ったためである。結果、中継ポンプ場の合計能力は820,000m³/日から800,000m³/日へと若干減少したものの、ほぼ計画通りであった。下水管網敷設については、審査当初の計画値は33kmであったところ、内6kmについては本事業と並行して実施されていた道路改修事業¹²において自己資金で実施することとなったため、本事業で整備した距離は27.08kmとなった。

¹¹ 土地面積の単位。1ムーは15分の1ヘクタール。

¹² 宜昌市政府が計画していた2001年当初の事業は、下水道整備・上水道整備・道路整備の3つのコンポーネントから構成されていた。コンポーネント間の関連性について宜昌市政府は、「配水管網・上水道管網を新設するに当たりいずれにしても道路掘削が必要であるため、コスト削減および市民への利便性を考慮し、管網工事と同時に老朽化していた道路を整備することが効率的である」と説明していた。JICAとしては、本事業の目標は「河川・給水の水質改善であったことから、審査時に道路整備は本事業対象外とした（道路整備は宜昌市政府が自己資金で実施した）。

表 10 下水道施設の整備内容（全て新設）

主要項目	計画能力・距離	実績
A. 臨江溪下水処理場 (沈砂池・生物反応池・最終沈殿池・污泥処理施設含む)	A2O 法 ¹³ 200,000m ³ /日	計画通り
B. 中継ポンプ場 5 カ所 1. 西陵一路 2. 大公橋 3. 開発区 4. 万寿橋 5. 洋壩	80,000 m ³ /日 180,000 m ³ /日 60,000 m ³ /日 100,000 m ³ /日 400,000 m ³ /日	中止し、「万寿橋」に統合 計画通り 中止し、「万寿橋」に統合 能力 220,000 m ³ /日に増加 計画通り
合計能力	820,000 m ³ /日	800,000 m ³ /日
C. 下水収集システム整備 (下水管網敷設)	33km	27.08km

出所：審査時資料、実施機関提供資料。

3.4.1.2 上水道の整備

上水道施設の整備については、表 11 に示す通り、全て計画通りに実施された。

表 11 上水道施設の整備内容

主要項目	計画能力・距離	実績
A. 浄水場 2 カ所 (ろ過池改良、送水ポンプ・モーター 取替え、自動制御システム導入等)	- 第 1 浄水場の改良 (処理能力 16 万 m³/日) - 第 3 浄水場の改良 (処理能力 10 万 m³/日)	計画通り
B. 導水管の更新	5.3km	計画通り
C. 配水管網の更新・拡張	49km	計画通り

出所：審査時資料、実施機関提供資料。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

計画値 11,727 百万円（うち外貨 8,460 百万円、内貨 3,270 百万円）に対し、実績値は 10,785 百万円、（内外貨 8,460 百万円、内貨 2,325 百万円）と、計画比 92%と計画内に収まった。

事業費が計画内に収まった理由としては、中継ポンプ場を 5 カ所から 3 カ所に集約した等によるものである。

3.4.2.2 事業期間

計画事業期間 2003 年 3 月 から 2006 年 7 月（41 カ月）に対し、実績事業期間は 2003 年 3 月

¹³ A2O（嫌気無酸素好気）法は下水の高度処理方式の一つ。反応タンクが嫌気槽・無酸素槽・好気槽の 3 つに分かれており、窒素とリンの同時除去を目的とした方式。

から 2008 年 12 月（70 カ月）、計画比 171%と計画を大幅に上回った¹⁴（表 12）。

表 12 事業期間：計画と実績

行程	計画 (P/M)	実績(PCR)	計画比
L/A 調印～ 入札手続き	2003 年 3 月～2004 年 8 月 18 カ月	2003 年 3 月～2006 年 12 月 46 カ月	256%
土木工事	2004 年 9 月～2006 年 7 月 23 カ月	2004 年 5 月～2007 年 12 月 44 カ月	191%
機材設置	2005 年 1 月～2006 年 7 月 19 カ月	2006 年 5 月～2008 年 12 月 32 カ月	168%
配水管網改善	2004 年 9 月～2006 年 7 月 23 カ月	2006 年 8 月～2008 年 12 月 29 カ月	126%
事業全体	2003 年 3 月～2006 年 7 月 41 カ月	2003 年 3 月～2008 年 12 月 70 カ月	171%

出所：審査時資料、宜昌市都市建設投資開発有限公司。

主な遅延理由は以下の通り。①上下水道整備とも各種機器の入札プロセスに最大で28カ月（計画比 156%）時間を要した。②下水道整備のポンプステーションと下水処理場の用地を更地にし、地盤を固める作業と堤防建設等に時間がかかった。これに加え、水位の変化による一部の施工工程に変更が生じ、土木工事について合計 44 カ月（計画比 191%）の遅延につながった。③入札プロセスに時間がかかったことにより、上下水道整備とも機材設置までに最大 24 カ月の遅れが生じた。④コスト削減のため、宜昌市政府が本事業の配水管網改善と、別途実施していた道路改善事業を同時に実施し、道路改善工事（具体的に道路トンネルの改造）に時間を要したため、本事業の配水管網改善に 5 カ月（計画比 122%）の遅延が生じた。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

本事業では審査時において財務的内部収益率（FIRR）のみ計算され、よって事後評価時においても可能なかぎり同じ方法で FIRR を再計算した。

表 13 審査時・事後評価時の FIRR の比較

審査時	事後評価時
下水道整備：3.5% 上水道整備：7.2% ● 費用：建設費用、運営維持管理費用、設備更新費、所得税・営業税 ● 便益：下水処理料金収入／水道料金収入 ● プロジェクトライフ：21 年	下水道整備：マイナス 上水道整備：7.5% ● 費用：建設費用、運営維持管理費用、設備更新費、営業税 ● 便益：下水処理料金収入／水道料金収入 ● プロジェクトライフ：21 年

出所：審査時の値は審査時資料、事後評価時の値は評価者が再計算したもの。

表 13 に示す費用および便益について実施機関から収取した実績値を用いて再計算したところ、下水道整備については、審査時に想定されていた下水処理料金収入を下回っている。現在も一部政府補助金で賄っている状況にあり、マイナスの値となった。他方、上水道整備については 7.5%

¹⁴ 完成の定義は全コンポーネントの瑕疵検査完了。

と、審査時とほぼ同じであった。

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）

3.5.1 運営・維持管理の体制

審査時、宜昌市は本事業の実施機関となる宜昌市都市建設投資開発有限公司を2002年10月に設立し、本事業に係る建設を担当させるとともに、下水道事業については「宜昌市排水公司」を子会社として設立し、本事業に係る施設の維持・管理を担当させる予定であった。他方、上水道事業については、1959年の設立以来から上水道事業を担ってきた「宜昌市自来水公司」に任せる予定であった。事後評価時における下水道事業（臨江溪下水処理場およびポンプステーション）の運営・維持管理主体は、実施機関の子会社ではなく「宜昌三峡水务有限公司」（民間企業）である。設備は全て宜昌市都市建設投資開発有限公司が所有しているが、その運営と維持管理を民間企業に委託している形である。他方、下水収集システム・下水管網の維持管理は宜昌市都市管理局が担当している。上水道事業は計画通り、宜昌市自来水会社が運営・維持管理を行っている。

a. 臨江溪下水処理場およびポンプステーション：下水処理場長（2名）を筆頭に合計102名の体制で運営・維持管理を行っている（表14）。臨江溪下水処理場長への聞き取り調査、処理場とポンプステーション（3カ所）の実査を通じ、組織としての規模・人材・指揮系統等は明確であり、操作と維持管理手順や安全管理に関する注意事項を記載したプレートが全ての施設の壁に張られており、適切な体制で運営・維持管理を行っている。

表14 臨江溪下水処理場とポンプステーションの運営維持管理体制

部門名称および人数	担当業務内容
【臨江溪下水処理場】	
「泥区」運行班：23人	汚泥管理の全行程管理、資機材の運営維持管理
「水区」運行班：24人	汚水管理の全行程管理、資機材の運営維持管理、放出水の水質管理
修理班：8人	処理場全体の資機材の修理・メンテナンス
化学検査班：3人	環境モニタリング、水質モニタリング・分析
運行管理オフィス：4人	処理場全体の運行管理サポート
事務管理オフィス：5人	倉庫、食堂、緑地メンテナンス、出退勤管理
【ポンプステーション】	
「洋壩」運行班：11人	各ポンプステーションの運営維持管理
「万寿橋」運行班：11人	
「大公橋」運行班：11人	

出所：宜昌三峡水务有限公司。

b. 下水収集システム・下水管網の維持管理は宜昌市都市管理局修理管理处（以下、「修理管理处」という）が担当しており、合計114名が所属している。うち直接メンテナンスに係わる人

員は、下水収集システムについては技術者 5 名と事務職員 2 名、下水管網については技術者 16 名と事務職員 6 名である。修理管理処は毎年状況に応じ、担当区域の排水洗浄メンテナンスを実施し、市街地の窪地、滞水区域の維持管理を優先的に行っている。聞き取り調査や提供資料からは、修理管理処が担当している排水管 135 本（総延長 174.76km、内本事業は 27.0km）の維持管理については、これらの大部分について老朽化が進んでいることや、もともと排水建設基準が低かったことから、豪雨時の負荷に耐え切れず、市街地の窪地に滞水が生じるなどの問題が発生している¹⁵。これらに対し、現在の人員数では十分な対応が出来ていないことから、維持管理体制を強化するとともに排水管網全体の更新が必要である。

c. 上水道事業（第 1・第 3 浄水場、配水管網）：本事業で整備された第 1・第 3 浄水場に関する運営維持管理体制はそれぞれ 30 名と 29 名で実施されている。技術者と事務職員の割合については、浄水場は合計 60 名中 15 名が技術者、45 名が事務職員、導水管の維持管理は合計 23 名中技術者 5 名、事務職員 18 名、配水管網の維持管理は、合計 53 名中技術者 15 名、事務職員 38 名である。宜昌市自来水への聞き取りと第 1・第 3 浄水場の実査を通じ、組織としての規模・人材・命令系統等明確であり、概ね適切な体制で運営・維持管理が行われている。

上記から、下水管網の維持管理体制の強化が必要ではあるが、本事業で実施された上下水道整備の維持管理体制について概ね適切な人員、指示系統等に基づき実施されていることが明らかとなった。

3.5.2 運営・維持管理の技術

職員の資格・技術レベルについては、上下水道事業ともに、明確な資格制度や研修制度があり、職員の技術レベルを保ち、さらに向上させるための努力が実施されており、運営・維持管理に必要な職員の技術レベルは確保されている。また、維持管理計画や維持管理マニュアル、維持管理記録についても徹底されており、技術レベルに関して問題はない。

下水道事業については、省レベルの「専門技術者資格試験」と「特殊職種技術認定試験」¹⁶があり、これらに受かった人材を下水道運営主体が一定の割合雇用することが義務づけられている。全ての人員が操作研修を受けたのち各職場に配置され、さらなる機械操作技術はOJTによって補完されている。他方、維持・管理担当職員の研修については国家規定、または省政府の規定に基づき、研修が実施されている。いくつかの例を挙げると、「就職前研修」は就職内定者（機械操作）に対し毎年 1 回実施される。他にも特殊職種を対象にした「特殊職種作業証取得に関する操作研修」や専門技術者を対象にした「専門技術職場研修」が実施されている。

上水道については、運営主体である宜昌市自来水公司是 1959 年に設立され、設備の運営・維

¹⁵ 聞き取り調査から宜昌市の市街地の排水管網は、未だに大部分が 70～80 年代に建設されたものであることが判明した。当時は建設基準が低かったものの、市街地の主要排水機能を担うことができたが、都市の発展と人口増加に伴い、老朽化した排水施設ではすでに污水排出の役割に支障を来しているとのことであった。

¹⁶ 「専門技術者資格試験」は主に理論的な知識を確認するものであり、特に受験条件はなく、資格を得た後、さらなる OJT が必要とされる。「特殊職種技術認定試験」は受験資格が限られ、ある程度の現場経験が必要とされ、維持・管理計画やその総責任者レベルの技術者を対象としている。なお、省レベルの資格試験や認定試験はその省内のみで有効であり、国家資格とは区別されている。

持管理について長年蓄積された経験を持つ。各設備に専門技術者が配置され、国家规定や省政府規定に基づき研修・資格試験が実施され、技術レベルに問題はない。

下水道事業の維持・管理計画については、頻度の高い日常点検、および頻度が低い、より大規模の人員による体制で実施する定期点検がある。ポンプ・配電システム・送風機・濃縮設備については5年おきにオーバーホールを実施する。実査から、維持・管理は基本的に維持管理マニュアルに基づくプロセスで実施され、メンテナンス記録も管理されていることが確認できた。上水道についても、浄水場の場合、維持管理は日常点検と定期点検が実施されている。実査からも、維持管理は基本的にマニュアルに基づく手順や頻度で実施され、メンテナンス記録も管理されていることが確認できた。他方、本事業で更新された配水管網を含め、配水管網の維持管理（漏水調査や修理）はマニュアルに基づき実施されているが、メンテナンス以上に配水管の更新が必要であり、必ずしも漏水対応は迫っていない。ただし、漏水率は省の基準は達成している。

3.5.3 運営・維持管理の財務

下水道事業の運営管理主体である、宜昌三峡水務有限公司の財務状況は表 15 に示す通りである。収入としては、市財政局が下水処理量に基づき、運転費として 0.45 元／トンで宜昌三峡水務有限公司に支払っている。その他の収入は下水道使用料として 2012 年現在 0.8 元／m³を徴収している。

表 15 宜昌三峡水務有限公司の財務状況

(単位：万元)

項目	2008 年 (運転開始年)	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
【収入】					
下水処理料金	4,026	4,068	4,090	4,180	4,240
政府補助金	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760
A. 小計	6,786	6,828	6,850	6,940	7,000
【支出】					
人件費*1	380	395	410	430	450
その他費用*2	2,380	2,365	2,350	2,330	2,310
B. 小計	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760
A-B	4,026	4,068	4,090	4,180	4,240

出所：宜昌三峡水務有限公司。

*1：人件費＝下水処理場の運営・維持管理スタッフの人件費

*2：その他費用＝人件費以外の運営費用維持管理費用

政府の補助金により支出分を賄っている状況であるが、下水処理料金による収入も増加しており、政府補助金がないとしても基本的には黒字経営であり、財務的持続性は確保されている。

他方、上水道の運営管理主体である、宜昌市自来水公司については表 16 に示すとおり、政府の補助金等市政府からの収入はなく、水道使用料金¹⁷が主な収入源である。水道使用料金については、下表に基づけば、安定した黒字経営が続いており自己評価でも「正常な運営が保てる財務

¹⁷ 2012 年現在の水道使用料金は、家庭用 1.44 元／m³、工業用 1.89 元／m³、商業用 1.89 元／m³。中国では、上下水道料金は地方政府が決定する権限を有しており、事業者からの申請に応じ改定を行っている。

状況」であった。

表 16 宜昌市自来水会社の財務状況

(単位：万元)

項目	2008 年 (運転開始年)	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
【収入】					
水道料金収入	5,800	5,730	5,822	6,008	6,663
政府補助金	0	0	0	0	0
A. 小計	5,800	5,730	5,822	6,008	6,663
【支出】					
人件費*1	1,310	1,445	1,547	1,605	1,670
その他費用*2	3,736	3,197	3,199	3,322	3,492
B. 小計	5,046	4,642	4,746	4,927	5,162
A-B	754	1,088	1,076	1,081	1,501

出所：宜昌市自来水公司。

*1：人件費＝浄水場の運営・維持管理スタッフの人件費

*2：その他費用＝人件費以外の運営費用維持管理費用

なお、下水収集システム・下水管網の維持管理については、宜昌市都市管理局修理管理处の維持管理予算として 2008 年から 2012 年は毎年 74 万元と、老朽化した排管から污水があふれ出した際の処置を行うための準備資金が 50 万元計上されている¹⁸。

以上から、上下水道それぞれの運営管理主体の財務は概ね安定しており、本事業の適切な維持管理に必要な予算は確保されている。

3.5.4 運営・維持管理の状況

臨江溪下水処理場および本事業で整備された下水収集システム・下水道管網の維持管理状況は概ね良好である。下水処理場については過去に送風機、粗目スクリーン、汚泥ポンプ等の故障や性能低下等の問題が生じたことがあるが、サプライヤーによる部品交換や修理により随時十分な対応ができていた。ただし、大公橋中継ポンプステーションについては、污水管網に比較的大きいゴミがたまり、ポンプの効率的な運転ができていない。これは雨水と污水を同じ排水管で流す「合流式」が採用されているため起きている問題であり、新たに雨を一時的に貯留する施設を設置する、もしくは放流される下水に混じるゴミを取り除く装置（グリッドやスクリーン）を増設する必要がある。さらに、地盤沈下により、管理用建物の一部の床に亀裂が入り、陥没しているため早急な対応が求められる。さらに実査では、一部のポンプステーションでは、清掃・整理整頓が不十分な箇所も見受けられたが、総じて維持・管理状況に大きな問題はない。なお、下水処理場・ポンプステーションを含め、設備のみならず景観を損ねないための緑化などにも力を入れている点は評価に値する。スペアパーツに関しても、資機材が主に中国製である、もしくは外国製であ

¹⁸ なお、宜昌市都市管理局修理管理处の提供資料と聞き取り調査によれば、本事業で整備された下水管に問題はないものの、特に 70 年代から 80 年代に建設された下水管網はメンテナンス・修理経費はその老朽化の度合いに対し、十分ではなく、排水管網の正常な維持管理に影響を及ぼしている。

ってもサプライヤーのアフターサービスが十分であるため、これまでも特に問題は生じていない。

上水道整備については、事後評価時、第3浄水場は通常稼働しており、運営維持管理状況について特筆すべき問題はなかった。第1浄水場は都市開発計画に伴い、現時点ではバックアップとしての位置づけであることからほぼ稼働していなかった。しかし、前述の通り、宜昌市は現在開発地区に工業団地を建設しており、第1浄水場は同開発地区と既存の配管網を繋ぐ工事が完了次第通常稼働する予定である。実査を行った際は、定期メンテナンスを行っている最中であり、特に維持管理上の問題は生じていなかった。

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

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、上下水道施設の整備・更新を行うことにより、宜昌市の水環境（河川の水質と給水の水質）の改善を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズ、日本の対中国援助政策と合致しており、妥当性は高い。下水道整備については、下水処理量や処理後水質など、主要な効果を示す指標は全て目標を達成、もしくは上回っている。このことにより、宜昌市は国家地表水環境品質基準Ⅱ類を達成することができた。上水道整備については、宜昌市の都市開発計画に伴い、事後評価時において浄水供給量、給水人口、給水の濁度等、主要な効果を示す指標は、おおむね目標達成または改善傾向にある。特に本事業の目標の一つである給水の水質の改善について目標を達成しており、効果の発現状況は良好と評価できる。その他、公害対策や汚泥のリサイクル、住民の生活環境・生活の質についても大きな効果が認められ、有効性・インパクトの達成度合いは非常に高い。なお、事業費は計画内に収まったが、事業期間に大幅な遅延が生じており効率性は中程度となった。本事業によって発現した効果の持続性については、上下水道それぞれの運営管理主体の維持管理体制、技術、財務について大きな問題はなく、持続性は高い。

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

大公橋中継ポンプステーションについては、放流される下水に混じるごみを取り除く装置（グリッドやスクリーン）等を増設し、管理用建物の陥没について早急に対策をとることが必要である。具体的には地盤の調査を再度行い、建物の安全性を確保するための工事を行うことが望まれる。

配水管網および排水管網について、いずれも老朽化の問題が生じており、本事業で新設もしくは更新した箇所の維持管理に問題はなくとも、管網全体の更新が必要である。更新計画を新たに作成しているとのことであったが、早急に対応し、さらに維持管理体制も人員を増やす等の強化を検討する。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

本事業では、審査当初、下水処理後の汚泥を有機肥料として再利用することが予定されていた。しかし、実施機関である宜昌市都市建設投資開発有限公司のエンジニア 1 名が 2005 年に 1 カ月の本邦研修に参加し、その際に視察した日本におけるセメント工場での汚泥の再利用の例を取り入れ、現在では下処理場の運営に伴い発生する汚泥（16 トン／日）は、全て民間のセメント工場で再利用されている。日本のセメント工場の事例を本事業で活かすことが可能となった重要な要因の一つとして、本邦研修参加者の人選が適切であったことが挙げられる。本事業において、一定の意思決定権を有し、研修で得た知識・経験について、技術・財務・制度の面で実現可能か否かの客観的な判断が下せる人材が選ばれたことは大きい。さらに、宜昌市政府による「国家環境保護模範都市」の申請のタイミングと合ったことと、本事業の実施期間中に研修に参加し、有償資金協力と技術協力との連携を図るにあたりタイミングも最適であったといえる。今後、類似案件を実施するにあたり活かされるべき好事例である。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット 【下水道施設の整備】 a. 臨江溪下水処理場（沈砂池・生物反応池・最終沈殿池・污泥処理施設含む） b. 中継ポンプ場5カ所： 1.西陵一路 2.大公橋 3.開発区 4.万寿橋 5.洋壩 c. 下水収集システム整備（下水管網敷設） 【上水道施設の整備】 a. 浄水場2カ所の改良（ろ過池改良、送水ポンプ・モーター取替え、自動制御システム導入等） b. 導水管の更新 c. 配水管網の更新・拡張	A2O方式 処理能力：200,000m ³ /日 80,000 m ³ /日 180,000 m ³ /日 60,000 m ³ /日 100,000 m ³ /日 400,000 m ³ /日 33km <第1浄水場> 処理能力:16万 m ³ /日 <第3浄水場> 処理能力:10万 m ³ /日 5.3km 49.0km	計画通り 中止 計画通り 中止 220,000 m ³ /日 計画通り 27.08km 計画通り 計画通り 計画通り
②期間	2003年3月～ 2006年7月 (41ヶ月)	2003年3月～ 2008年12月 (70ヶ月)
③事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	8,460百万円 3,270百万円 (218百万 円) 11,727百万円 8,460百万円 1元＝15円 (2002年9月現在)	8,459百万円 2,333百万円 (165百万円) 10,785百万円 8,452百万円 1元＝14.13円 (2004年～2008年、 年末レート平均)

以 上

中華人民共和国

公衆衛生基礎施設整備事業

(湖南省、江西省、安徽省、山西省、吉林省、黒龍江省、遼寧省)

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社

百田 顕児、スズキ S. ヒロミ、早瀬 志麻

0. 要旨

本事業は、SARS 発生時に露呈した、中国の脆弱な公衆衛生体制の強化のため、機材整備と人材育成を実施したものである。必要な機材、研修をタイムリーに実施したことや、中国政府の政策や当時の公衆衛生体制の強化ニーズに合致したことなど、本事業の計画、デザインには高い妥当性が認められる。適切な事業計画を策定したことで、本事業は高い有効性を実現しており、公衆衛生体制の中核となる、疾病予防コントロールセンター（CDC）、感染症病院、救急センターの予防、検査、治療能力の底上げを実現した。その効果は、事業実施後に発生した新型インフルエンザ等感染症への対応の改善にも表れている。本事業は人材育成研修を除き、ほぼ計画通りの期間で実施され、総費用も計画内に収まるなど、効率性は中程度となっている。導入された設備は適切な管理体制の下、事後評価時点も多くが有効に活用されており、加えて中国政府の公衆衛生体制の重点強化の方針から判断すると、体制・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



導入された陰圧救急車（黒龍江省）

1.1 事業の背景

中国では1990年代以降、法定伝染病の発病数を激減させてきたが、HIV/AIDS等の新興感染症の発現や、伝染病発生率の高い農村地域の公衆衛生の問題¹⁰⁷など、引き続き保健医療セクターにおける重要な課題を有していた。このような状況下、2002年11月に始まった新型肺炎（SARS）¹⁰⁸は中国全土で急速に拡大し、患者累計5,327人、死者349人に上った。このSARSの拡大により、中国

¹⁰⁷ 農村部では、経済発展に伴う医師の都市部への流出や医療保険制度の整備遅れ、牧畜業中心の産業構造のため、家畜伝染病のリスクが都市部より高いことなど、農村部特有の問題が存在していた。

¹⁰⁸ 正式名 重症急性呼吸器症候群、Severe Acute Respiratory Syndrome。

の感染症対策、情報網や警戒体制の不備、各種医療施設の未整備や老朽化などに代表される、公衆衛生基盤の脆弱性が露呈された。このような事態を受け、中国政府は公衆衛生基盤の改善のため、「疾病予防コントロールシステム建設計画」、「突発的公衆衛生事件医療救急治療システム建設計画」等、全国を対象としたマスタープランを策定、サーベイランスネットワークの確立、救急体制の整備、疾病予防・コントロール体制の改善等を目指していた。

1.2 事業概要

中国国内内陸部 7 省を対象とし、SARS 禍により露呈された公衆衛生体系の脆弱性を改善するべく、省レベルと地級市¹⁰⁹レベルの公衆衛生に係る基礎的施設における設備機器の配備、人材育成等を行うことで、同地域の感染症対策強化を図り、もって地域住民の健康状態の向上に寄与する。

本事業の具体的な実施内容は以下の通り。公衆衛生体制の中で、予防、検査、治療の一連の実務を担う施設に対する医療器材の供与と、医療業務従事者向けの各種研修で構成されている。詳細な導入設備や研修内容は各省の実情に合わせて計画された。

表 36 事業の概要

支援対象	主な機能と支援内容
疾病予防コントロールセンター（以降 CDC） 7 省 91 ケ所対象	1. 機能 ：保健所と衛生研究所の機能を併せ持つ公衆衛生行政実施機関で、主要業務は十大疾病の予防・管理、予防接種、食品衛生監督等 2. 支援内容 ：各種検体分析機器、情報設備、応急検査処理車など
感染症病院 7 省 85 ケ所対象	1. 機能 ：感染症等疾患の治療、検査実務 2. 支援内容 ：診断機器、消毒・治療機器、救急車、ベッド等
救急センター 5 省 19 ケ所対象	1. 機能 ：救急搬送や応急処置の対処にあたるセンター 2. 支援内容 ：診断機器、消毒・治療機器、救急車等
人材育成研修	1. 支援内容 ：感染症対策関係者の上級行政レベルへの派遣、日本への派遣研修（吉林省を除く）や北京、上海からの専門家の招聘等



図 14 湘潭市 CDC 外観



図 15 江西省 CDC PCR 検査¹¹⁰装置

¹⁰⁹ 中国の行政単位の一つで、日本の市に相当。

¹¹⁰ Polymerase chain reaction の略で、DNA を短時間で増幅させることで、検体中のウイルス診断等を行う手法。

下記は各施設に導入された主な設備の一覧である。

表 37 導入された設備例

	詳細例
CDC	
1. 検査室機器	85種類（低温高速遠心機、ガスクロマトグラフなど）
2. 専用検査室	P2-3実験室、インキュベーター等
3. 健康教育機材	ビデオカメラ等
4. 情報設備	Webサーバー等
5. 車両	突発事件応急検査処理車等
6. コールドチェーン設備及び器材	マイナス20度低温保温庫
感染症病院	例：800床級（ベッド数によって設備内容が決まる）
1. 救急類	13種（レスピレータ、除細動器等）
2. 放射線及び他の診断設備	15種（MRI、CT、X線撮影装置等）
3. 生化学検査類	32種（生化学分析装置等）
4. 手術設備類	7種（多機能麻酔機等）
5. 消毒類	7種（紫外線殺菌車等）
6. 治療類	4種（超音波噴霧器等）
7. 煎剤設備	2種（中薬煎剤機、製包機）
8. その他	8種（救急車等）
救急センター	
1.普通救急車、2.陰圧救急車、3.心電計、4.除細動器、5.吸引器	

なお公衆衛生基礎施設整備事業は、2004年3月に円借款供与を承諾し、以下の10省を対象に実施されている。ただし事業完成のタイミング等が各省で異なるため、本事後評価調査では、2010年時点で貸付完了済みの7省を対象として実施された。

1.山西省、2.遼寧省、3.吉林省、4.黒龍江省、5.安徽省、6.江西省、7.湖南省、8.河北省、9.河南省、10.湖北省（うち1-7が本事後評価の対象）

円借款承諾額／実行額	16,969 百万円 / 16,021 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2004 年 3 月 / 2004 年 3 月
借款契約条件	【設備機器】 金利 1.5%、返済 30 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイド 【研修】 金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイド
借入人／実施機関	借入人：中華人民共和国政府 実施機関： (1) 湖南省人民政府（衛生庁） (2) 江西省人民政府（衛生庁） (3) 安徽省人民政府（財政庁）

	(4) 山西省人民政府（財政庁） (5) 吉林省人民政府（衛生庁） (6) 黒龍江省人民政府（衛生庁） (7) 遼寧省人民政府（衛生庁）
貸付完了	2010 年 8 月
関連調査（フィジビリティ・スタディ：F/S）等	F/S は中国側が作成
関連事業	【円借款】 - 公衆衛生基礎施設整備事業事後研修（江西、黒龍江省）（2011 年） 【技術協力】 - ポリオ対策プロジェクト（1991－1999 年） - 国家級公衆衛生政策計画管理プロジェクト（2012－2016 年） 【無償資金協力】 - 予防接種拡大計画（1999 年） - 貧困地域結核抑制計画（2000－2006 年） 【他機関案件等】 - 世界銀行：”Rural Health and Medical Education Project”（1984）、”Rural Health and Preventive Medicine Project”（1986）、”Infectious and Endemic Disease Control Project”（1991－2002 年）、”Ninth Health Project”（2009 年）、TB Control Project（2001－2010 年）等借款事業複数 - 英国国際開発省（DFID）／カナダ国際開発庁（CIDA）：省市県級病院医療設備（1998－2002 年） - 世界エイズ・結核・マラリア対策基金（GFATM）：”Nationwide Expansion of Directly Observed Treatment, Short Course to Fight the TB Epidemic in China”（2003 年）他

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

本評価調査は、以下の3名によって実施された。

百田 顕児、スズキ S. ヒロミ、早瀬 志麻（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19日～4月26日（湖南省、江西省）、2013年5月14日～23日（山西省、安徽省）、2013年5月18日～30日（黒龍江省、吉林省、遼寧省）、2013年8月5日～23日（湖南省、江西省、遼寧省、安徽省）

2.3 評価の制約

本評価は、中国7省を対象とした7事業の事後評価である。ただし、実質的には各省が一定の事業の枠組みの中で独立して事業を実施しており、7事業全体を1つの事業として位置づけることは現実的には困難と判断した。このため、本評価では各省共通の評価の枠組み、視点を決めたうえで、各省の実施内容をそれぞれ独立した事業として評価を実施した。その上で、各省の評価結果を取りまとめ、全体的な傾向の分析を行い、総合評価を導き出した。このように包括的な評価手法を採用したことに加え、各省の支援対象施設数が膨大で全数調査が困難なため、実際の調査ではサンプルの抽出調査による現況把握に基づき分析を行った。後述する各種の分析はすべてこのサンプルに基づき導き出されたもので、統計的な信頼性については制約がある。

3. 評価結果（レーティング：A¹¹¹）

3.1 妥当性（レーティング：③¹¹²）

3.1.1 開発政策との整合性

3) 事業計画時の開発政策

中国では、「第10次5カ年計画（2001-2005）」の中で、都市部での救急・疾病予防体制の強化による感染症、風土病の抑制、モニタリングの促進を掲げていた。対応する各省の「第10次5カ年計画（2001-2005）」の中でも、疾病予防体制の強化、衛生管理体制の整備、情報ネットワーク、各種サーベイランス体制の強化等が掲げられていた。しかしながら、2002年に発生したSARSは、中国全体で349人の死者を出すなど、大きな被害をもたらした。背景には、公衆衛生基盤の脆弱さのため、有効な対策を打つことができなかったことがある。上記にもとづき、疾病予防コントロールシステム（CDC）建設計画、突発的公衆衛生事件医療救急治療システム建設計画等が策定され、公衆衛生基礎施設の強化に関する全国計画が策定されていた。本事業

¹¹¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

¹¹² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

は、これらの計画を具体化するための事業の1つと位置付けられていた。

4) 事後評価時点の開発政策

現在の第12次5カ年計画（2011-2015）では、「健全な基本公共サービスシステムの確立」を掲げ、基本医療制度の確立のため、公共衛生サービスシステムの強化、都市・農村医療サービスシステムの強化、医療保障システムの健全化、薬品供給保障システムの完全化、公立病院改革の積極的現実な推進等を目指している。

とりわけ3点の重点分野として、全国民を対象とする医療保険制度の整備、基本薬品制度と末端医療衛生機関における新しい運営体制、公立病院の改革を目指しており、具体的な目標として、国民1人当たりの公衆衛生サービス費用を2015年に40元以上になるよう目指すなどの目標が設定されている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

4) 事業計画時の開発ニーズ

本事業対象の7省では、公衆衛生に関する公的な取り組みが他省に比して弱く、公衆衛生基施設の修繕や拡張、設備機器の整備、感染症対策関係者の能力強化をはじめとする、疾病予防体制や衛生管理体制の整備に関するニーズが高かった。例えば、公衆衛生のレベルを測る代表的な指標である「1,000人あたり病床数」は、対象の1つ遼寧省では、3.8と、先進国（日本では14.6）と比較して大きく立ち遅れていた。加えて医療従事者の不足や能力不足など、公衆衛生基盤の総合的な対策が求められていた。

5) 事業実施以降の公衆衛生政策と本事業の位置づけ

2002年のSARSの発生を受け、中国政府は2004年に「伝染病防治法」を改正、院内感染防止の強化、実験室内の病原体管理制度の整備、伝染病情勢の報告制度の整備、伝染病流行時の制御措置の充実、予防治療業務内容の具体化、財政保障の強化などの規定を整備した。この法律は、数次の改定を経て、現在も感染症予防の基本法として位置づけられている。2009年4月から実施されている医療衛生体制改革では、農村地区・貧困地区における医療機関の整備や医療従事者の育成、研修など、医療供給体制の重点的な整備が進められており、本事業実施以降も継続的な公衆衛生サービス改革が進められている。

SARS発生後、公衆衛生体制強化のニーズが一気に高まったが、当時の検査体制は設備も不足しており、これら政策の実現のための能力強化が急務となっていた。本事業はこのような課題にこたえるために実施されたもので、高いニーズがあったと評価できる。実際に本事後評価年（2013年）、中国では新型鳥インフルエンザの発生が報告されるなど、依然伝染病の発生リスクが存在する。人口が多く、流動性も高い中国では元々伝染病の流行リスクが高いため、早期発見による対策の実施が依然として重要である。

本事業はこのような状況に対応するために強化された公衆衛生体制の一部を担うものとして、その必要性は変わらず高い。

6) 本事業の計画・実施プロセス

本事業は、支援対象が中国全土 10 省(うち本事後評価対象は 7 省)¹¹³に上り、かつ各省の支援対象施設数も多数に上る。事業全体の統一性や調達効率性を図るため、事業の計画段階から、事業の特徴を踏まえた計画が策定された。

1. まず伝染病防治法等に基づく各施設の検査体制・能力基準を実現するための機材リストを作成、次に、それらを必須で整備すべき設備、推奨設備等に分類した調達リストを作成した。
2. 各施設ではそれぞれの地域ニーズや不足する設備等に基づき、各施設に割当てられた予算額の範囲内で、これらの調達リストから必要な設備を調達する。
3. 調達設備の詳細な仕様、機種等は各省衛生庁の判断によって決定され、JICA は調達リストの対象の有無のみを確認、同意する



図 16 遼寧省 CDC のクリーンベンチ



図 17 黒龍江省 CDC の応急検査車

本事業では、公衆衛生体制の強化が急務となる中で、タイムリーな設備の投入が事業目的の実現において重要であり、迅速な調達プロセスが求められていた。この調達方式は、このようなニーズに対応するうえで、適切な方式であったと評価できる。特に以下の点は、このような広域、多数の施設を対象とする類似事業の実施において、効率的な事業実施を図るうえで参考となる経験と言える。

1. 調達リストの作成過程において、各施設の業務従事者を集めたニーズ把握の会議を実施しており、ニーズとのずれが少ない設備仕様が選定された
2. JICA による同意事項を絞り込み、簡素化したことで、調達が迅速に進められた一方、同意事項を簡素化してもニーズとのずれが生じない、適切な調達リストを作成したことで、バランスの取れた調達計画を実施することができた

¹¹³ 「1.2 事業概要」で述べたとおり、本事業は実際には中国 10 省を対象に計画、実施されており、この事業実施の方式は 10 省すべてに共通する内容となる。

このように、本事業は全体としては非常に効率的な事業実施計画が整備されたと評価できる。一方で、より詳細に各省の状況を見ていくと、全体的な調達プロセスの適切性の高さに変わりはないものの、調達の効率性や、後述する効果の発現度合いにおいて、若干のばらつきが確認された。これらのばらつきを改善することで、より全体的な事業計画の妥当性を高めることができたものと思われる。以下に調達プロセスにおいて、より高い効果につながった取り組みや、逆に問題につながった例をまとめる。

- **湖南省**：各施設では将来の需要等を考慮したうえで機材の申請を行ったものの、購入手続きの段階で省衛生局が価格に重きを置いた¹¹⁴ことにより、ニーズに合わない機材（例えば電圧が合わない、湿度に弱い等）が納品された。
- **遼寧省**：調達選定の段階で専門技術者の提言を受け、当時は高価で維持管理費用もかさむ全自動分析装置を導入したが、その後の検体必要数の増加に対応するうえで、正しい選択だった。選択の過程では関係者との協議を相当に重ねたが、当時の中国の公衆衛生検査体制の強化速度を踏まえ、中長期的な検査ニーズを見据えた選択を行ったことが、良い成果をもたらしたと考えられている。
- **江西省**：省のプロジェクト弁公室に医療従事者が参画し、調達リスト作成の段階で各地の医療施設の現地事情を精査した上で検討、支援がされていた¹¹⁵。

有効活用の度合いが高い省の特徴として、上記調達リストの選定における専門技術者の関与の度合いが高いことがある。現場を熟知したこれら専門家の提言を受け、中長期の技術革新を見据えてより高価な設備を導入したことで、設備の活用状況も高くなっている。逆に調達リストからの選定においても、価格効率のみを優先した選択は結果として設備の利用状況の低下につながっている。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時の日本政府による対中国経済協力計画（2001年策定）では、HIV/AIDS、結核をはじめとした感染症対策に取り組むこと、人材育成の強化などが重点分野として定められていた。また国別業務実施方針でも、SARSの急拡大によって露呈された中国の公衆衛生体系の脆弱性への対処として、感染症対策強化、特に公衆衛生基礎施設の整備や人材育成への支援を行うとの方針が明記されていた。

以上より、本事業の実施は中国の公共衛生分野の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分

¹¹⁴ 事後評価時には当時の人材が残っておらず、このような判断に至った背景は不明である。ただし現地調査時にインタビューした救急病院からは、「医療現場について知識を有している人材が関わっていれば、調達プロセスで、より品質について考慮してもらえたはず」という意見が確認された。

¹¹⁵ 具体的な検討プロセスは以下の通り。①文書での通達により、各施設の設備調達の意向を募りリストを作成。②全国の医療機器展覧会に参加し、事業に関わる品目の技術資料を収集し、メーカー、型番、品質、市場シェア、価格、アフターサービス等について把握。③省の放射線、超音波、検査等の専門家による顧問会議を開き、専門家の指導・意見を検討。④各施設とも国内の先進地域（江蘇、上海、広州）における同様の機関を視察し、設備の現場での状況を把握する等の方法を採用。

に合致しており、妥当性は高い。

3.2 有効性¹¹⁶（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業の目的は感染症対策の強化であり、支援対象施設それぞれについて、CDC=予防、感染症病院=治療、救急センター=搬送という機能の強化が期待されていた。またその結果として、公衆衛生体制の総合的な強化が図られ、伝染病発生時の通報体制の強化、迅速化や、その結果としての伝染病の拡大抑制といった効果が期待されていた。これらの機能強化について、どのような効果が現れたのか、サンプル調査¹¹⁷で収集した結果を以下に記す。

(4) 全体の機能改善：突発的流行への対応

下表は、伝染病発生時の対策発令までの規定所要時間と実際の平均所要時間を比較したものである。回答が得られた江西省、黒龍江省については、いずれも乙類伝染病発生時の対応所要時間が規定よりも大幅に短くなっていることがわかる。

省名	発生～通報の規定所要時間		実際の平均所要時間	
江西省	甲類伝染病	2 時間	甲類伝染病	2 時間
	乙類伝染病	1 日	乙類伝染病	7 時間
黒龍江省	甲類伝染病	2 時間	甲類伝染病	n.a
	乙類伝染病	1 日	乙類伝染病	2 時間

出所：省衛生庁質問票回答。

*甲類伝染病：ペスト、コレラ等緊急性高い法定伝染病 2 種。

*乙類伝染病：HIV、デング熱等その他の法定伝染病 25 種。

感染症発生から通報までの時間については、衛生庁による規定の強化や取り組み等も関わるため、本事業との関連性を厳密に確認することは困難と言える。ただし衛生庁は本事業で整備された通信・マルチメディア機器も活用し、国レベルから県レベルまでをつなぐオンラインの感染症ネットワークシステムを整備した。現在、このネットワークを通じ、各施設での検査結果や感染症（またはその疑い例など）発生報告等は常時オンライン上に報告され、直ちに確認することができるようになっている。このシステムを施設間で共有することで、事業を通して整備された検査能力の向上が、全体ネットワークの強化につながる仕組みが整備されたと言える。また下述する通り、本事業を通じて達成された検査時間の短縮や検体数の増加などの能力

¹¹⁶ 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。

¹¹⁷ サンプル調査は原則、省 CDC を全数、市レベル CDC5 件、病院 5 件をサンプルサイズとして、支援対象施設から抽出した。抽出方法は各省衛生庁との協議を通じ決められたため、省により若干異なるが、対象から原則無作為で選定された。ただし、現地調査期間中に訪問可能なサイトを必ず含めるようにしているため、完全な無作為抽出にはなっていない。冒頭 2.3 で述べたとおり、サンプル調査数の制約のため、この調査結果は全体傾向を完全に反映・把握しているわけではない。他方で、今回の事業が共通の調達内容に基づき実施されていること、また各省の CDC や病院は法律、体制上基本的に同等の位置づけを得ており、国による支援の内容や方針にも一定の共通性がある。この点を踏まえると、本サンプルには、全体傾向を推測する一定の合理性があると判断する。

向上は、感染症の特定までの時間短縮にも効果がある。これらの複合的な取り組みが公衆衛生ネットワーク全体の能力を向上させ、通報時間の短縮等にも貢献しているものと考えられる。

なお残りの5省については正確な統計が記録されておらず、回答を得ることができなかったが、上述したオンラインのサーベイランスシステムが全ての省で共通して導入されたことを考慮すると、残りの省についても、少なくとも、対応時間の効率化がある程度進んだものと推測することができる。

(5) CDCの機能向上

CDCの役割は感染症対策における検査能力、住民向けの研修・教育活動といった点が挙げられる。特に重要な検査能力を評価する際の基準として、“国が要求する検査項目の充足率”を調査した。現在CDCでは、2004年施行の中央政府政策108号に基づき、施設レベルに応じた感染症・食品検査等の検査項目¹¹⁸が指定されている。また衛生庁の指導では、この検査可能項目の比率を規定の85%以上にするを求めており、この達成度が、公衆衛生の検査体制の能力を測る一つの目安になる。サンプル調査にもとづく、検査項目への対応能力＝検査可能項目比率の省別一覧は以下の通り。

表 38 各省CDC、法定検査能力の対応状況

	法定検査項目数		検査可能項目数				基準 (85%) 達成状況	
	省CDC	市CDC	省CDC	充足率	市CDC	充足率	省CDC	市CDC
湖南省*	333	226	305	91.6%	170	75.2%	達成	未達
江西省*	300	226	257	85.7%	204	90.3%	達成	達成
安徽省	387	226	385	99%	n.a	n.a	達成	ほぼ達成
山西省	387	226	350	90%	n.a	n.a	達成	n.a
吉林省	387	226	337	87%	n.a	n.a	達成	ほぼ達成
黒龍江省	387	226	387	100%	n.a	n.a	達成	ほぼ達成
遼寧省	387	226	330	85%	196	87%	達成	達成

出所：各省衛生庁からの質問票回答を元に評価者作成。

* 湖南省と江西省では、法定要求検査項目387項目を、省CDCと他の専門検査機関で分担しており、他省と異なり、省、市CDCそれぞれ独自の法定項目数を有する。

- 1) 省レベルのCDCについては、7省中すべてで基準の85%を達成、法律が求める検査能力の向上が図られたことがわかる。このうち湖南省については市レベルのCDCの充足率が比較的低い、これは一部食品や化粧品の発がん検査等への対応が遅れていることが要因である。また妥当性の項でも述べた調達時の問題も、湖南省の充足率に影響していると考えられる。具体的には、導入された機材の質の低さ、代理人を通じて購入したことにより、メーカーのサービスが受けられないことによる設備故障の発生等も影響しているものと考え

¹¹⁸ 例えば、省レベルCDCでは口蹄疫ウイルス検査や破傷風菌分離同定検査が必須項目だが、市レベルでは同項目は必須ではなく、推奨項目として指定されている。

られる。

- 2) 市レベルの CDC については、達成、ほぼ達成が 5 省、1 省が未達¹¹⁹、山西省は未回答のため不明となった。上記表の通り、充足率の回答が得られなかった 4 省のうち、吉林省、黒龍江省、安徽省の衛生庁担当者からは、推奨充足率はほぼ達成されているという回答を得た。

次に、CDC による検査の実施状況について、検体の分析数、所要時間をもとに事業前後の状況を比較する。

以下の表は各省の検体分析の年間実施数から主要なものを選定し、事業実施前と現在の状況を比較したものである。

表 39 主な感染症の検体分析数（省 CDC）

省	感染症名	事業実施前*1	2012 年
湖南省	インフルエンザ	3,902	8,156
	手足口病	197	398
江西省	インフルエンザ	926	1,007
安徽省	インフルエンザ	600	1,000
	手足口病	検査能力なし	100
山西省	インフルエンザ	184	1,026
	ポリア	418	394
吉林省	インフルエンザ	346	433
	手足口病	検査能力なし	73
黒龍江省*2	A,E 型肝炎	検査能力なし	4,152
	HIV	1,500	2,839
遼寧省	インフルエンザ	89	898
	手足口病	検査能力なし	635

出所：各省質問票回答を元に調査団作成。

*1 事業実施前のデータは、2005-8 年の中から確認できたものを採用。

*2 黒龍江省については、省 CDC のデータ未確認のため、市 CDC のサンプル結果を採用。

上記からは、以下の成果が確認できる。

- 手足口病のように、従来検査不可能な項目が可能となったこと
- インフルエンザ検体のように、検体分析数が大幅に増加した項目が見られること

検体数についてはその年の伝染病発生状況に左右されるため、単純な検体数の増加だけで、事業の効果を評価することはできない。ただし、手足口病のように従来は検査能力を有しなかった項目が可能になり、実際の検体分析数が確認されたこと、一部項目では従来から大きく分析数が増加しているものが確認された。このことは、感染症の発生時に、より大量の検体分析を効率的に行う“能力”が整備されたことを示しており、検査能力の全体的な向上を示すもの

¹¹⁹ 一部の省については、市レベルの情報について正確なデータを得られなかったため、この達成状況については、施設関係者へのインタビューや、現地視察の際の運営状況等を踏まえ判断している。

と考えられる。

加えて、吉林省 CDC の所長からは、検査の実施数だけではなく、精度についても改善されたとの見解が示された。具体的には、検査時の対象検体の検出下限が、従来は 0.1mg/kg だったのが、現在は 0.01mg/kg まで検出可能となったとしている。しかもこれらの高い精度を維持しつつ、より多くの検体分析を行うことが可能となっており、CDC の検査能力が、精度・実施能力の両面で改善されていると評価できる。

この検査実施数の増加を可能にした要因の一つとして、各検体分析あたりの所要時間の短縮が挙げられる。以下はサンプル調査に基づき、検体分析時間の事業実施前後の比較を記したものである。

表 40 主な感染症の検体分析時間の変化（省 CDC）

省	感染症名	事業実施前	2012 年
湖南省	インフルエンザ [※] (分離培養)	実施不可能	3 日
	インフルエンザ [※] (核酸検査)	1-3.5 日	4 時間
江西省	インフルエンザ [※] (核酸検査)	6 時間	4 時間
	細菌の生化学的識別	1 日	2-8 時間
安徽省	細菌の生化学的識別	実施不可能	6-8 時間
	インフルエンザ [※] (核酸検査)	4.5 時間	2.5 時間
	新型インフルエンザ [※] (A/H1N1)	実施不可能	2.5 時間
山西省	ポリオ	28 日	18 日
吉林省	ウイルス(核酸検査)	8 時間	1.5 時間
黒龍江省	HIV 抗体	1 日	5 時間
	コレラ菌(分離培養)	3 日	8 時間
遼寧省	出血熱	1.5 時間	40 分
	サルモネラ感染症	7 日	1 日

出所：各省質問票回答を元に調査団作成。

表 5 から明らかなように、病原体の分離培養や検査について、従来から大きく所要時間が改善されていることが分かる。

以上見てきた CDC の検査体制の強化は、SARS 以降に発生した各種感染症発生時において、感染症の早期発見、対応の迅速化等をもたらした。各省で確認された主な効果のうち、主なものを下表に記す。

表 41 事業実施以降の主な感染症と各省の対応

項目	実施された対応
全般的な能力向上、全国への波及効果	• 遼寧省：2005 年前後、省内 14 市の CDC のうち、インフルエンザ等の分子生物学検査（PCR）と細胞培養能力を持つ CDC は半分しか存在しなかったが、本事業実施以降、14 の市 CDC すべてで PCR 法による分子生物学検査、細胞の培養、ウイルスの分離ができるようになった。 • 遼寧省：省 CDC に導入されたリアルタイム蛍光定量 PCR 装置により、1-2 回の機器分析で 13 種類の呼吸器系ウイルスを同時に測定する方法を開発した。現在この測定方法は既に省内に普及しただけではなく、国家重点サベ イランス プロジェクトにも導入され、天津、黒龍江省、吉林省でのサベ イランス活動に活用されている。 • 江西省：江西省では、2004 年時、通報対象とされていた感染症・風土病は 37 種類だった。本事業による設備導入の貢献もあり、2012 年時点では、SARS や新型インフルエンザ（H1N1）、手足口病を含む 40 以上の疾患について通報対象となり、同時に通報可能な体制が整った。本事業実施中に主な疾患について 2005 年からサベ イランスが開始され、突発的流行への対応についても、発生から通報までの所要時間が大幅に短縮され、江西省における公衆衛生の体制が強化された。
高病原性鳥インフルエンザ（H5N1）、2009 年新型インフルエンザ（H1N1）	遼寧省：市 CDC は設備や検査体制の充実が図られたことで、国家インフルエンザ・サベ イランスネットワーク実験室のメンバーに入り、ウイルス株の型別鑑定・分析ができるようになった。このことにより、左記伝染病が発生した際のサベ イランスを省内で迅速に行うことが可能となり、症状の蔓延を抑制するうえで効果があつた。 湖南省：市 CDC が中国における第 1 号のケースを発見。これは PCR が導入されたことにより可能となったためであり、またこの事例が省全体のサベ イランスを強化し、その他意識を高めることにつながった。
手足口病（2010-11 年）	遼寧省 ：2010 年、2011 年に手足口病の病原菌に変化が生じ、重症化を引き起こす EV71 とコサックウイルスが検出された。検出後迅速に政府に報告、休校、休業等の措置を講じたことで、他省と比べ、遼寧省の手足口病による死亡例は極少数にとどめることができた。
新型鳥インフルエンザ（H7N9）2013 年	江西省：2013 年 3 月上海で H7N9 発生後、即時にサベ イランスに着手、本事後評価の実査を行った時点において、陽性と報告された件数は 3 件、全件とも完治。省内の畜産業者の被害を最小限にとどめることができた。 湖南省：2013 年 3 月上海で H7N9 発生後、即時にサベ イランスに着手、実査を行った時点において、陽性と報告された件数は 4 件。うち 1 件のみ深刻化していたが、省内の畜産業者の被害を最小限にとどめることができた。 吉林省：長春市伝染病病院は現在吉林省突発公衆衛生事件発生時の定点病院として指定されている。当病院では、新型インフルエンザの発生時に、通常(法律上は)乙類(第 2 段階)の管理基準が適用されるが、運用上は隔離措置など、甲類(第 3 段階)の対応を取っている。これらの対応においても、本事業以降強化された防護措置等の設備が大きな役割を果たしており、感染症拡大抑制において効果があると期待される。

出所：各省 CDC からの質問票回答を元に評価者作成。

上述の検体分析可能数や実績、検体分析時間の大幅な短縮等から、本事業を通じて CDC の検査能力が、検査項目数、処理時間等、質量の両面で向上していることが確認された。左記の通り、実際の感染症発生時の対応においても効果が現れている。事業前との定量的な比較は困難だが、現在の国家基準の達成度等も踏まえると、高い成果を挙げていると評価することができる。

(6) 病院の機能向上

感染症病院の機能向上については、治療能力、検査能力、院内管理能力がどのように強化されたのかを測るため、院内感染率や死亡率、各種検査の実施数等の指標について、各省 5-6 件

の病院について、サンプル調査を実施した。



図 18 遼寧省人民病院の病棟

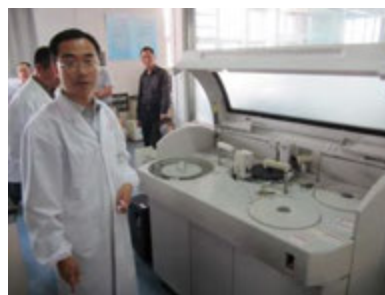


図 19 安徽省蕪湖市感染症病院の設備

関連する指標について、事業実施前（2005 年）と現在を比較したサンプル調査の結果は以下の通り。

表 42 感染症病院の治療・検査実績の変化

省	指標名	2005 年	2012 年
湖南省 5 サンプル	院内感染率(%)	7.87%	4.83%
	院内死亡率(%)	1.37%	0.88%
	検査実施数	49,868	185,464
江西省 5 サンプル	院内感染率(%)	2.86%	1.64%
	院内死亡率(%)	0.90%	0.53%
	検査実施数	24,567	90,933
安徽省 6 サンプル	院内感染率(%)	n.a	1.66%
	院内死亡率(%)	n.a	0.84%
	検査数の増加率(%)	n.a	509,362
山西省 5 サンプル	院内感染率(%)	2.79%	0.86%
	院内死亡率(%)	0.48%	0.40%
	検査実施数	709,813	1,206,731
吉林省 5 サンプル	院内感染率(%)	4.21%	1.85%
	院内死亡率(%)	n.a	n.a
	検査実施数	181,137	1,591,527
黒龍江省 5 サンプル	院内感染率(%)	n.a	n.a
	院内死亡率(%)	1.94%	1.06%
	治療成績(件)	9,119	25,134
遼寧省 5 サンプル	院内感染率(%)	n.a	n.a
	院内死亡率(%)	2.03%	0.92%
	治療成績(件)	116,634	234,362

出所：各省質問票回答を元に調査団作成。

上記からは、以下の傾向を読み取ることができる。

- 1) 院内死亡率や院内感染率については、事業実施前後でほぼ全ての省で改善していることが確認できた。
- 2) 院内での各種検査の実績についても、大幅な増加を見せた省も多く、全体的な能力向上を

示している。

- 3) 治療成績についても、治療件数当たりの完治率や好転率が改善された病院の例も多く確認されている。

本事業では、感染症病院の機能向上のため、検査機器の購入や手術台等の治療能力に関する機器の整備が進められた。上記指標の改善について、その効果を全て本事業に帰することはできないが、導入された設備はいずれも左記の各能力を向上させる上で重要な設備であり、事業による能力強化が、これらの改善に一定の貢献をしていることが推測できる。これらの状況を総合的に判断すると、病院機能の向上における、本事業の効果の発現状況は良好と評価できる。

(7) 救急センターの機能向上

感染症病院の機能向上については、主に救急サービス、救急搬送能力の2点から調査を実施した。主な指標について、サンプル調査の結果を以下の通りまとめる。

表 43 救急センターのサービス実施状況の変化

省名	指標名	2005 年	2012 年	
			規定値	実績
湖南省 1 サンプル	サービス半径 ¹²⁰	12km	8km	5-8km
	応急反応速度	10-30 分	15 分	10-20 分
	救急搬送数(件)	18,453		31,657
江西省 4 サンプル	サービス半径	3-5km	3-5km	2.7km
	応急反応速度	12 分	15 分	11.5 分
	救急搬送数(件)	5,794		17,297
山西省 3 サンプル	サービス半径	5-15km	3-8km	3-8km
	応急反応速度	15-20 分	15 分	15 分
	救急搬送数(件)	29,067		56,297
吉林省 1 サンプル	サービス半径	n.a	2.5km	2.5km
	応急反応速度	n.a	15 分	8.6 分
	救急搬送数(件)	25,800		48,000
黒龍江省 5 サンプル	サービス半径	8	10km	6km
	応急反応速度	17 分	20 分	12 分
	救急搬送数(件)	12,211		35,959

出所：各省質問票回答を元に調査団作成。

* サービス半径 救急センターの所管地区の半径で、小さいほどより迅速な救急サービスが可能となる。

* 応急反応速度とは、救急搬送依頼の通報から、現場に到着するまでの平均所要時間を指し、短いほど迅速な救急搬送が可能となる。

* 遼寧省、安徽省では、救急センター向けの支援は実施されていない。

上記からは、以下の傾向を読み取ることができる。

- 1) 救急車数の増加により配置数が増加、サービス半径は多くの場合、2005 年から改善し、ま

¹²⁰ サービス半径、応急反応速度は、通報から搬送までの対応速度を決める重要な指標であり、半径が小さく、応急反応速度が短いほど、迅速な対応が可能となる。

た 2012 年時の規定値を下回るサービス半径を実現しており、実際の応急反応速度も規定より迅速に対応できていることが分かる。

- 2) 救急搬送数もほぼ全ての省で大幅な増加が確認されており、救急搬送能力の向上についても明確な改善が確認できた。
- 3) 特に本事業で陰圧救急車¹²¹が導入されたことで、新型インフルエンザ等の搬送を安全に行うための体制が整備された。

以上見てきたように、救急センターの能力強化について、明確な改善傾向が確認できた。数的側面だけではなく、事業を通じて調達された除細動機¹²²などの応急救命装置の充実が図られたことも、救急搬送における質の改善をもたらしており、全体的な水準の向上が実現されたと評価できる。

(8) 定量的効果に関する各省別の総括評価

上記結果に基づき、各省の全体的な成果の達成度を以下のように評価した。全体的に、各施設は期待される機能を果たすための能力を備えており、また実際の運用状況からも、これらの医療施設が、事業実施前と比較して、格段に強化されていることが確認できた。

表 44 各省の有効性の総合評価

省名	全体評価
湖南省	良好。ただし、一部改善余地あり。 基本的な検査体制は整備されたものの、市 CDC の検査項目の充足率には改善の余地がある。
江西省	良好。ただし、一部改善余地あり。 省 CDC の検査能力に不足が見られる。実質的な検査体制は省 CDC と市 CDC を含むその他専門機関で分担して行っており、大きな問題は見られないものの、改善の余地がある。
安徽省	良好。データ不足のため暫定判断となるが、基本的な検査能力は充足しており、病院の能力向上も一定程度果たされたと推測されることから、概ね問題なし。
山西省	良好。各施設における能力向上が明確に確認できた。また実際の感染症発生時の対応においても成果が現れており、期待された成果が達成されたと評価できる。
吉林省	良好。データ不足のため暫定判断となるが、基本的な検査能力は充足しており、病院の能力向上も一定程度果たされたと推測されることから、概ね問題なし。
黒龍江省	良好。各施設における能力向上が明確に確認できた。実際の感染症発生時の対応においても成果が現れており、期待された成果が達成されたと評価できる。
遼寧省	良好。各施設における能力向上が明確に確認できた。事業を通じて実現したサーベイランス体制は、国家プロジェクトの中でも導入され、他省でも活用されるなど、波及的な効果を生み出している。

3.2.2 定性的効果

本事業では、日本や北京、上海等主要都市への公衆衛生対策関係者の派遣研修、各省への専門

¹²¹ 陰圧救急車は通常とは異なり、搬送室内の気圧を下げることで、各種病原菌の拡散を防ぐことが可能となるため、特に重大感染症患者の搬送時の拡散防止等に大きな効果がある。

¹²² 不整脈の治療に使われる機器で、主として心房細動、心室細動を正常に戻すときに用いられる。

家招聘による研修等が実施された。詳細な実施人数等について、一部省では正確な記録が確認できなかったが、例としては以下のような実績がある。

表 45 主な人材育成研修の実績

省	実績
江西省	• 本邦研修 100 人 • 専門家招聘 5 人 • 国内研修約 12.7 万人
遼寧省	• 本邦研修 33 人（計画 36 人） • 国内研修 人数不明
安徽省	• 本邦研修 62 人 • 国内研修 453 人
山西省	• 本邦研修 2 人 • 国内研修 2,709 人

各省の関係者からは、これらの研修による効果を評価する意見が確認できた。現地調査で関係者にインタビューを実施した中で、日本での派遣研修に関する経験を、現在の業務の中で有効に活用している事例が複数確認されたので、主なものを以下に紹介する。

参考 日本での研修経験と成果

(1) 江西省撫州市第一人民病院の例

第一人民病院からは2007-8年にかけて、計6名の医師、看護師等が日本の研修に参加した。研修内容はオリンパスオートマチック生化学分析設備の研修、並びに昭和病院での研修であった。研修参加者の団長、曹瑞林医師は当時同病院の主任医師で、現在はさらに救急センターの主任でもある。曹医師は病院の管理職として、病院全体の経営や人材育成方針等について、本邦研修を通じて得た経験を現在の病院経営に生かしている。一例としては、週1回の学術交流会の開催や、市レベルの救急専門委員会（学会、評価、専門家の交流等）の設置による人材の交流、日本の病院の救急室の構造を生かした機能的な救急室の導線の確保、消耗品・道具・薬剤等物の管理者制度、シフトの組み方や引き継ぎ方法等、整備、救急室の総合な能力強化のための看護師向けエコー操作の技術研修など、単なる感染症対策だけではなく、より総合的な能力強化につながる取り組みを続けている。

(2) 江西省南昌市救急センターの例

南昌市救急センターの謝平副主任は2006年末に来日、東京大学医学部付属病院、国立感染症研究所等の医療施設の見学を実施した。謝主任は視察先の一つ、大阪府三島救命救急センターの救急車の構造に触発され、帰国後、南昌市救急センターの救急車車内の全体的配置を変更し、全体の使用効果を向上させた。これ以降、新たに導入された救急車にはプレホスピタルケアの考え方にに基づき、医療機能を高めた救急車が配備されることになった。例えば、電力供給、照明、インバーターシステムの改良による救急車内での治療行為の拡充、自動昇降ストレッチャーシステムによる迅速な搬送業務の実現等、いずれも救急搬送の実務における効率性を改善するうえで効果的な対応であった。



図 20 第一人民病院の研修参加者



図 21 改良された救急車(南昌市)

上述したような研修の効果は施設運用や経営に関するソフト面の改善が主な成果となるため、医療設備の供与と比較すると、直接的な効果を測ることは困難である。ただし上記に挙げた例と同様の意見は、現地調査で訪問した省の多くで聞かれており、導入された設備を効率的に活用するための技術移転の成果として、これまで述べてきた有効性の発現においても、一定の効果を挙げているものと考えられる。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

感染症対策の最終的な目標は“**地域住民の健康向上**”、より具体的には“**感染症罹患率や死亡率の減少**”であり、本事業を通じて感染症対策が強化された結果、地域住民の健康状態が改善・向上し、感染症罹患率や死亡率の低減が期待されていた。以下は主要感染症による病死率や主要感染症の統計データについて、事業実施前後の推移をまとめたものである。省により入手できた統計データが異なるため、統一された効果の分析ではなく、公衆衛生体制の強化との関係を主に分析する。

表 46 主要感染症の発生状況

		2006	2011	2012
湖南省	感染症病死率(%)	n.a	n.a	n.a
江西省	感染症病死率(%)	0.65%	0.32%	
安徽省	感染症病死率(%)	0.18%	0.13%	0.12%
山西省	感染症病死率(%)	n.a	0.12%	0.10%
吉林省	感染症病死率(%)	0.18%	0.17%	0.13%
	肺結核死亡率/10 万人	0.2356	0.2949	0.1491
	HIV/10 万人	0.0368	0.1966	0.2182
	肝炎/10 万人	0.0368	0.0728	0.0218
黒龍江省	感染症病死率(%)	n.a	n.a	n.a
遼寧省	感染症病死率(%)	n.a	n.a	n.a
	罹患別死亡率/1000 人			
	出血熱	0.97	0.41	0.36
	手足口病	n.a	0.015	0.0023
	全病死者数中感染症病死者比率(%)	1.1%	1.17%	1.1%

出所：各省衛生庁提供データをもとに評価者作成。

感染症の発生状況は年ごとの流行傾向によって左右されるため、明確な改善傾向を経年で示すことは困難である。ただし、事業が実施された 2000 年代後半以降、目立った感染症の大流行は発生しておらず、いずれの疾患も比較的小規模の流行にとどまっている。上記の表のように、感染症による病死率も微減傾向にある。まだ事業実施以降数年という状況でもあり、現状では感染症流行の動向との関連性について、明確な結論を出すことはできない。より中長期での傾向の確認が必要と考えられる。ただし、サーベイランス体制の強化によって、疾患流行の早期発見・感染源の特定が可能となったことは、感染拡大を抑制する上で重要な機能であり、SARS 以降、深刻な感染症の流行が比較的軽度にとどまっている状況について、本事業を通じて強化された公衆衛生体制の強化が一定の貢献をしているものと推測できる。

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

計画時、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¹²³において、環境への影響は重大ではない事業として分類されている。事業計画時に環境影響評価報告書は作成済みであり、各省の承認機関からの最終承認を得ている。各施設から排出される医療廃棄物・廃水については、中央政府の条例・排出基準に沿って処理される予定であり、大気・土壌・地下水汚染等の問題は発生しない見込みとされていた。実際にも、特段の問題は生じていない。

施設から排出される医療廃棄物の処理方法は、「医療廃棄物管理条例」と「医療衛生期間医療廃棄物管理方法」に従い、各級機関は廃棄物の集積、一時管理と専門業者への引き渡しをしている。施設から排出される医療排水は、医療施設内に設置された処理場を経ってから排出される。また、細菌培養等に仕様した資材は高圧滅菌処理や化学処理、排水も化学処理されるなど、法や規程に従った処理がなされている。また事業の主要項目は検査等設備の調達のため、大気汚染等の問題は発生していない。

施設の実査時の聞き取り調査でも、廃水等の処理は規定に沿って実施されていることが確認できたこと、また環境保護局等の定期モニタリングを受けていることから、問題はないと考えられる。

(3) 住民移転・用地取得

本事業の事前審査時の資料、記録に加え、現地衛生庁等関係者への質問票への回答などから、本事業に伴う住民移転や用地取得は生じていないことが確認できた。

(4) その他正負のインパクト

その他正負のインパクトについては、審査時に大きな問題がないことがおおむね確認されていたため、調査では衛生庁向けの質問票に基づく聞き取り調査で確認するにとどめた。確認された回答も、特段問題を指摘するものはなかった。

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。

¹²³ 「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)。

3.4 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット



図 22 超音波検査機器(黒龍江省)



図 23 安徽省 CDC

各省で実際に整備対象となった施設数は下表の通りで、遼寧省と湖南省で一部施設が対象外となったほかは、予定通り整備が進められた。妥当性の項で述べたとおり、調達設備は事前に作成された調達リストに基づいて決められており、実績についてもほぼ変更は生じていない。

表 47 省別支援実施施設数

省名	計画		実績()は計画比	
遼寧省	CDC	14 施設	CDC	13 施設(-1)
	病院	18 施設	病院	17 施設(-1)
	救急センター	0 施設	救急センター	0 施設
黒龍江省	CDC	14 施設	CDC	14 施設
	病院	13 施設	病院	13 施設
	救急センター	6 施設	救急センター	6 施設
吉林省	CDC	10 施設	CDC	10 施設
	病院	9 施設	病院	9 施設
	救急センター	1 施設	救急センター	1 施設
安徽省	CDC	15 施設	CDC	15 施設
	病院	15 施設	病院	15 施設
	救急センター	0 施設	救急センター	0 施設
江西省	CDC	11 施設	CDC	11 施設
	病院	9 施設	病院	9 施設
	救急センター	4 施設	救急センター	4 施設
湖南省	CDC	15 施設	CDC	14 施設(-1)
	病院	14 施設	病院	14 施設
	救急センター	1 施設	救急センター	1 施設
山西省	CDC	12 施設	CDC	12 施設
	病院	7 施設	病院	7 施設
	救急センター	7 施設	救急センター	7 施設

遼寧省については、衛生庁の調整により瀋陽市 CDC と瀋陽市伝染病病院が当初支援対象から外れた。変更の経緯について詳細を把握している関係者はいなかったが、外れた施設についても自己資金による整備が進められたとの回答が得られた。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業の総事業費は約 32,400 百万円で、うち円借款は約 16,000 百万円を占める。これは当初計画時の 36,500 百万円に対して 88%と、計画内に収まった。各省の事業費も概ね計画費に収まっており、湖南省、遼寧省で生じた対象設備の減少によるスコープの変更を踏まえても、ほぼ予定通りの実績に収まっているといえる。なお江西省については大幅な事業費超過になっているが、これは主に自己資金による検査機器の大幅な追加が生じたためである。各省別の事業費の計画／実績を以下に記す。

表 48 各省別の事業費の計画と実績

省名	計画	実績()内は計画比
遼寧省	総事業費 4,209 百万円	総事業費 3,965 百万円(94%)
黒龍江省*	総事業費 2,288 百万円	総事業費 2,278 百万円(99.6%)
吉林省	総事業費 4,971 百万円	総事業費 5,027 百万円(101%)
安徽省	総事業費 4,010 百万円	総事業費 3,296 百万円(82%)
江西省	総事業費 3,912 百万円	総事業費 11,539 万円(295%)
湖南省*	総事業費 2,855 百万円	総事業費 2,738 百万円(96%)
山西省	総事業費 4,056 百万円	総事業費 3,557 百万円(88%)

*上記中、湖南省と黒龍江省については、自己資金分の実績不明のため、計画からも内貨分を除外して比較。

全体的な傾向として、設備調達時の競争入札過程で調達価格を抑制することが可能になったため、効率的な調達が実施されたと評価できる。ただし妥当性の項でも述べた湖南省の事例では、調達設備について低価格なものを優先した結果、機材の耐用年数に影響が出ている。これは全体の中では例外的な現象ではあるが、調達設備の仕様については、価格と仕様とのバランスを踏まえて検討する必要があると言える。

3.4.2.2 事業期間

本事業の実施期間は 2004 年 3 月～2007 年 12 月の 58 カ月で計画されていたが、実際の事業実施期間は 2004 年 3 月～2010 年 12 月の 82 カ月と、計画を上回った(計画比 141%)。7 省ごとの実施状況は以下の通り。

表 49 各省別の期間の計画と実績

省名	計画	実績 () 内は計画比
遼寧省	2004/3～2007/12 (46 カ月)	2004/3～2009/12 (70 カ月-152%)
黒竜江省	2004/3～2006/6 (28 カ月)	2004/3～2009/9 (67 カ月-239%)
吉林省	2004/3～2007/12 (46 カ月)	2004/3～2010/12 (82 カ月-178%)
安徽省	2004/3～2008/8 (54 カ月)	2004/3～2010/8 (78 カ月-144%)
江西省	2004/3～2005/11 (33 カ月)	2004/3～2007/2 (48 カ月-145%)
湖南省	2004/3～2007/11 (45 カ月)	2004/3～2008/9 (55 カ月-122%)
山西省	2004/3～2007/8 (42 カ月)	2004/3～2011/2 (84 カ月-200%)

全体の事業期間は遅れているが、内訳を確認すると、一部の省を除き、遅延の原因は主に人材育成研修部分にあり、主要設備の調達、土木工事については大きな遅れは生じていない。妥当性の項で述べた調達の効率化が寄与しているものと思われる。人材育成部分については、派遣者の決定や派遣受け入れ先との調整などに時間を要したことが、遅れの原因になった。なお、山西省、安徽省、吉林省については、機材調達における遅延も生じている。背景としては、調達パッケージの大型化による準備の長期化、応札企業の対応の遅れなど（吉林省）や、仕様の変更やその承認作業に時間を要したケースが見られた（山西省、安徽省）。

3.4.3 内部収益率

本事業では事業の性質上、経済的な便益を測定することが困難であり、計画時にも内部収益率の計算は実施されていないため、本評価でも対象外とする。

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）

本事業の目的は「公衆衛生体制の強化」にあり、持続性の観点も体制全体の持続性を加味して検討する必要がある。また本事業で導入された設備はかなり細分化されており、耐用年数が比較的短い一部設備精密機械については、すでに耐用年数が経過したものも存在する。事業の持続性については、これら設備の現在までの利用状況をもとに評価するのではなく、「事業を通じて整備された各設備の能力や検査、研究や治療環境等が、その後も継続的に維持される見込みがあるかどうか？」という点を含めて確認する。つまり、設備の更新が継続的に確保される見通しがあるか、それらの設備更新に伴う技術面の能力は整備されているか、といった“施設のサービスを維持するための能力全般”を基準として評価を行った。

3.5.1 運営・維持管理の体制

公衆衛生の管理体制は感染症防治法等の国家法によって規定されており、基本的な体制は7省共通となっている。体制の概略は以下の通り。

- 1) 感染症発生時の各種対策や方針の意思決定を行う衛生庁が省～県レベルに配置されている。
- 2) これらの意思決定のための情報収集などを行う実務組織として、同様に省～県レベルでCDCが配置される。
- 3) 病院や救急センターは感染症発生時の通報や処置を行う実施機関として位置づけられる。
- 4) 感染症発生時の体制：省衛生庁と下級組織との連携体制は「伝染病防治法」と「公務員管理法」によって規定されている。下図の通り、意思決定ラインの衛生庁と、実務組織であるCDCのネットワークが連携し、省、市、県の各レベルでの対応に当たることになっている。サーベイランスの結果は定期的にオンラインモニタリングシステムに入力され、上位組織がすぐに共有できる体制を整備している。

国によって定められた突発性感染症事件への対応フロー

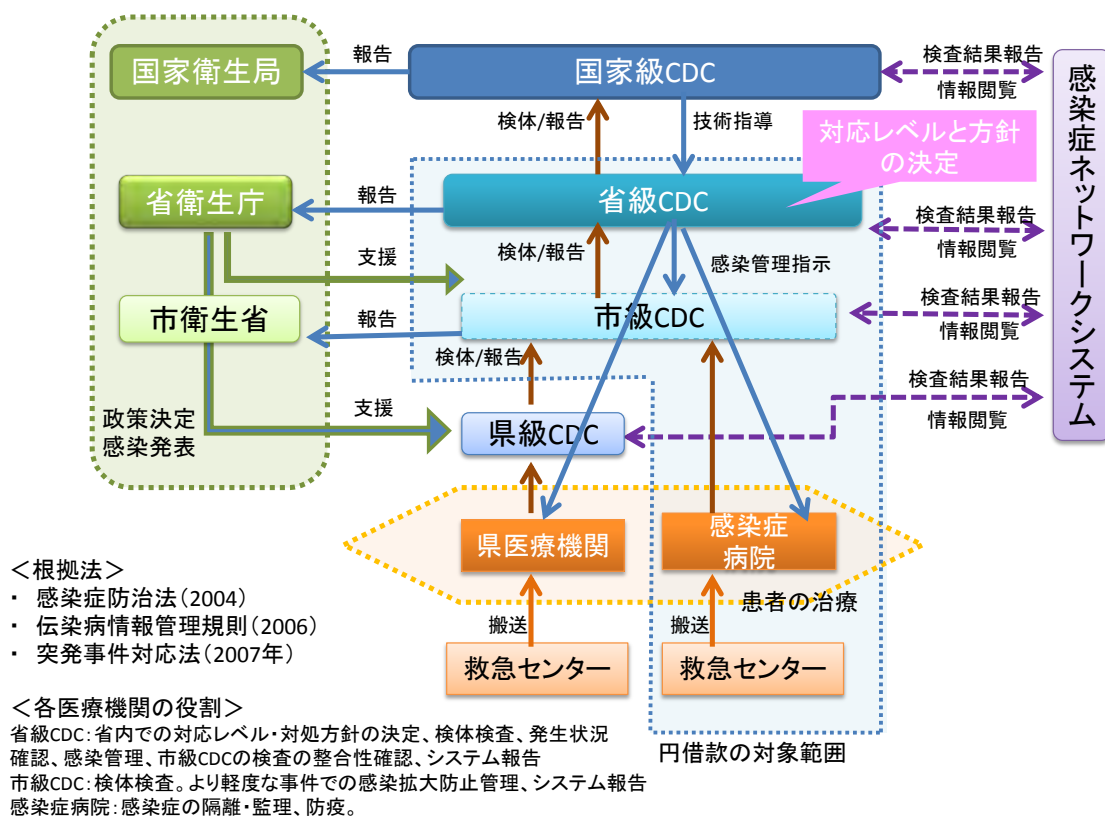


図 24 公衆衛生体制と本事業の位置づけ

この体制の中で、本事業の支援対象設備の役割と機能、円借款事業に対する現在の関与は以下の通り。

- 1) 省衛生庁：本事業の性質上、現在は本事業専属の担当部署はなく、省衛生庁が本事業を含

む公衆衛生体制全般の監督管理業務の一環として、これら対象施設の管理・監督に当たっている。

- 2) CDC：省・市の各レベルで定められた機能を果たしており、そのための体制・指示系統・規模（総職員数の1割から2割が検査技師）を確保している。感染症の発生時は、各施設に連携担当者が設置され、正式な文章による通知とメール・ファックス・電話などの非正式な連絡の双方により、各处・各室の業務担当者に直接連絡を行う。
- 3) 病院・救急センター：各感染症病院・救急センターは、「感染症防治法」等に基づき体制を整えており、マニュアルに沿った連絡体制が整備されている。

上記以外で確認された、各省の体制や状況、課題は以下の通り。

表 50 各省で確認された体制上の課題

省名	課題や状況
湖南省	一部病院の感染症専門チームについては、仕事が煩雑・待遇が悪い・感染のリスクが高いなどの問題から、離職者が多く人材確保に苦労している。研修制度もあるものの、このように人材不足を抱える感染症チームに関しては、定期的に参加できていない。
江西省	都市人口の増加と面積の拡大に伴い、救急隊員出動拠点を増やさなければ所定の救急隊員出動拠点からの半径に関する要件を満たし、本来救急患者に対して行うべき救急車内での応急手当ができなくなるとの意見も聞かれた。
安徽省	一部 CDC において検査技師の不足が確認された。全体的には充足している。

出所：質問票回答を元に調査団作成。

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。以下の通り、各省ほぼ共通の傾向が確認できたが、総じて実施機関は本事業実施のために必要な技術基盤を有しており、大きな問題は確認されなかった。

- (1) CDC：各 CDC は、「感染症防治法」に規定されている対策を実施するために必要な技術的基盤を有している。多数の研修が実施されており、特に検査技師については大学院卒と技術レベルについても問題は見られなかった。設備の運営・維持管理に関するマニュアルと記録簿は各 CDC 内で作成、管理されており、その運用方法含め、施設内で十分な管理能力が確認された。設備の品質管理検査(キャリブレーション)は設備レベルによってメンテナンスの頻度が決められており、すべて基準に沿って実施・合格していることが確認できた。
- (2) 病院：実査した施設については、運営維持管理技術、設備の操作マニュアルも整備されており、特段の問題は見られなかった。ただし、病棟も検査室も常に稼働率が高く、医療従

属者が多忙を極めている状況から、実査ではCDCと比較した際、設備や検査室の整理整頓や安全管理について改善の余地がある。

- (3) 救急センター：維持管理・運行記録、維持管理マニュアルは国家の関連法律・法則・部門規則・診療規範に基づき実施されている。確認した殆どの救急車は国家基準を満たす車両状態が維持されており各センターでの管理技術にも問題は見られなかった。救急要員についてもその技術レベルに特段問題はないと考えられる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

本事業に関わる施設の財務的な運営体制は、それぞれ以下の通り。CDC、救急センターは100%政府の予算によって運営されている。病院については、伝染病病院のような非営利医療施設(100%政府予算運営)と、営利医療機関として政府予算と営業収入により運営を行っている病院が存在する。サンプル調査の結果から確認された、これら施設の財務状況に関し、各省共通の傾向は以下の通り。

- (1) CDC／救急センター：サンプル調査では、当初申請額とほぼ同額の予算が支給されるケースが多く、各施設からの回答でも、“法律で定められている機能を果たす上で必要な資金は確保されている”との回答が多く確認されており、現状について、大きな問題は見られない。
- (2) 病院：サンプル調査では、申請した予算をやや上回る予算を実際に確保できているケースが多く、感染症病院としての機能を果たす上で必要な予算規模を確保している。ただし設備の老朽化が進んだ病院の中では、これら追加的な設備の更新や補修の費用について、依然政府予算に頼った病院も多く、完全な独立運営には至っていない。

上記以外で確認された、各省の財務面の状況、課題は以下の通りである。

表 51 各省で確認された財務上の課題

省名	課題や状況
湖南省： やや懸念あり。	- 省 CDC が、「資金不足状態で病気の予防と抑制事業の発展に影響が出ている」と回答しており、影響が懸念される。 - サンプル調査 6 件の CDC のうち「法律で定められている機能を果たす上で必要な資金は確保されている」と回答した CDC は 3 件。
江西省： やや懸念あり。	- 省 CDC が資金不足状態で病気の予防と抑制事業の発展に影響を来している」と回答。 - 病院：サンプル 5 件 3 件が予算申請額に対し、実際割り当てられた金額が大幅に下回っている。
安徽省： 大きな問題なし。	病院：サンプル 5 件のうち 2 件で、運営資金が不十分でない」と回答している（数字は非公開のため、詳細確認不能）。
山西省： 大きな問題なし。	全体的に、必要な予算はほぼ確保されており、特段の懸念はないものと考えられる。
吉林省： 大きな問題なし。	救急センター：関係者の回答によれば、日常的な業務運営には特に支障ない予算が確保できている。ただし救急車の過走行による故障の懸念があり、設備の更新等を十分な頻度・規模で行うには不十分と認識されている。
黒龍江省： やや課題あり。	病院：サンプル調査対象のうち、申請予算額（＝運営上望ましい予算額）に対し、実際に確保できた予算額は 70% 強とやや低い。特に佳木斯市伝染病医院では、申請額の 4 割弱の実績にとどまり、運営上にも影響が生じているとの回答があった。省内でも遠隔の地方において予算不足の問題が生じている。
遼寧省： 大きな問題なし。	病院：サンプル調査対象の多くは、申請した予算をやや上回る予算を実際に確保できていると回答している。ただし設備の老朽化が進んだ病院の中では、これら追加的な設備の更新や補修の費用について、依然政府による財政資金に頼った病院も多い。

出所：質問票回答を元に調査団作成。

一部施設において予算不足等の回答が確認されたが、全体的な予算確保状況としては、公衆衛生体制の基本的な機能を維持するうえで深刻な懸念は生じていない。妥当性でも述べた、中国政府の公衆衛生体制に対する政策ニーズの高さを背景に、安定した予算配分が続くものと考えられる。ただし上記のように省 CDC の予算不足が問題となっている地域も存在するため、今後留意が必要である。

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、全体の傾向は以下の通り。

- (1) 省 CDC や大都市 CDC については設備の故障やメンテナンス上の問題もほとんど生じておらず、全体的な活用状況も良好を維持している。
- (2) 病院の設備のうち、本事業で導入された設備については更新や買い替え時期に入っているものもあり、問題を指摘する意見も確認された。小規模都市の CDC や病院、特に感染症専門の小規模病院については、設備の故障や老朽化等が発生しており、またこれらの対応が

十分にできていないケースが見られた。ただし全体的な維持管理状況そのものは、買い替え、更新が進められており、病院の機能全体を損なうような懸念にはつながっていない。

- (3) 救急センターについては、救急車の過走行による故障リスクの上昇などの問題が指摘されており、現時点で運用上大きな問題は生じていないが、今後は定期的な更新が必要と考えられる。

上記以外で確認された、各省固有の維持管理の状況、課題は以下の通り。上述の通り、事後評価時点で確認された維持管理状況は総じて適切と評価できる。ただし、今後対処すべき問題が生じる可能性があり、また問題発生時の対応能力等が不足する可能性があるとして判断された省については、“やや懸念あり”と判断した。

表 52 各省で確認された維持管理上の課題

省名	固有の課題や状況
湖南省： やや懸念あり。	• CDC：CDC 機能の中核をなす設備については大きな問題は生じていない。ただし、機材の調達をメーカーからの直接購入ではなく、代理人を通じて実施したことにより、本来受けられるはずのメーカーアフターサービスや修理が受けられていない。また、本事業で導入された多くの設備については更新の時期を迎えており、機材の現状について「問題なし」と回答した CDC は 6 件中 2 件のみであった。これらの CDC では、新たな機材への買い替え等を進めている。 • 病院：全体的な機能については、設備の更新や買い替えも進んでおり、大きな問題はない。ただし大半の病院（5 件中 4 件）が、一部治療機能に関する設備・検体分析に関する設備についてすでに機能を果たしていないものがあり、維持管理状況に「問題あり」と回答している。主な理由は、スペアパーツが生産停止となっており、修理不可能となっていることが挙げられる。また一部病院では、もともと希望していた機材を購入してもらえず、安価で、アフターサービス等補償されていないものが多く、故障が生じても修理するまで通常以上の時間を要しているケースが散見された。 • 救急センター：救急車はすでに更新時期を迎えており、徐々に更新を進めてはいるものの、資金不足で追いついていない。また、救急車の部品が入手困難である・時間がかかるなどの問題も生じている。担架等基本的な資機材が不足している等の問題が生じている。
江西省： ほぼ問題なし。	• CDC：定期的な技術監督局による検査を受け合格しており、維持管理状況に問題はない。調達段階においてメーカーによるアフターサービスを重視しており、スペアパーツの問題もない。 • 救急センター：一部の救急車については、クラッチやブレーキライニング等の付属品が故障しており交換の必要がある。さらに車両の老朽化により、密封性が低く、真空度が悪いなどの問題も生じている。一部の車両はすでに更新時期を迎えており、随時実施している。
安徽省： ほぼ問題なし。	• CDC：概ね正常に機能しているが、一部の設備は以下のような問題が起きている。①PCR が配備された 2008 年にはすでに型番が新しくなっていて、国の予算で新型が導入されていた。②微生物検査機は当初は全自動式検査機の購入を希望したが、リストの制限によって半自動となった。後に全自動検査機を購入したため、半自動はあまりつかわれなくなった。③冷凍乾燥機は、環境関連の基準が変わったため、フィルターをつけないと使用ができないことになったが、選定した冷凍乾燥機は古い型でフィルターを作っておらず、一度も使用されていない。
山西省：	• CDC：概ね正常に機能しているが、一部の施設（太原市 CDC）では以下のような問題が起きている。①PCR：導入された年にはすでに廃番になっていたため、

ほぼ問題なし。	スペアパーツの在庫がなくて修理ができない状態にあり、同時期に他予算で購入した新型の機械を使用している。②調達リストの選択肢が限られており、本当に必要なレベルや仕様の設備が購入できず、結局は予算総額の 20%ほどの機材は使われていない。
吉林省： ほぼ問題なし。	• CDC：いずれの CDC でも一部設備の老朽化による故障率の上昇等が生じている。PCR 実験室など、CDC 機能の中核をなす設備については大きな問題は生じていない。 • 病院：全体的な機能については大きな問題はない。ただしサンプル調査の結果、一部施設、特に地方の施設において、維持管理状況に「問題あり」との回答が確認された。主に一部検査・治療設備の耐用年限が経過し、更新が進んでいないためとしている。今後、自己資金による調達を予定している。 • 救急センター：除細動器や救急車等主要設備については、過走行による経年劣化等が指摘されているが、現時点で運営上大きなトラブルには至っていない。応急治療用の酸素ボンベや担架といった設備について、一部は耐用年数経過後も使用を続けている。
黒龍江省： やや懸念あり。	• 救急センター：サンプル 5 件のうち 4 件で、設備の老朽化などの問題が確認された。主に過走行の救急車の運用による故障発生など、救急時にも影響を与える危険が指摘されている。一部車両は走行距離 40 万キロを超えている。実際に視察したハルビン市救急センターでは、搬送途中の故障等が特に冬季に発生しやすいということで、常に予備車両を派遣できる体制を取っているとのことであった。
遼寧省： 大きな問題なし。	• 病院：サンプル調査の結果、7 件中 3 件は維持管理状況に「問題あり」と回答している。主に一部検査・治療設備の耐用年限が経過し、更新が進んでいないためとしている。今後、自己資金による調達を予定している。

出所：各省質問票回答、現地調査時インタビューを元に調査団作成。

以上見てきたように、CDC や病院等の個別の財務や維持管理上の状況について若干のばらつきがあり、地方レベルでは望ましい水準に達していない施設も存在する。ただし、公衆衛生体制全体の機能を維持するための財務や維持管理水準全体については、現状では大きな懸念は生じておらず、また妥当性でも述べたように、公衆衛生分野の政策的な重要性が中国政府により明確に示されている状況からは、公衆衛生体制の能力が、今後低下する可能性は低いと考えられる。

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、SARS 発生時に露呈した中国の公衆衛生体制の強化を目的として実施された。事業実施のタイムリーさ、政策ニーズとの整合性の高さ等、事業計画の妥当性が非常に高い事業と評価できる。このことは事業の有効性を高めることにもつながっており、公衆衛生体制の中核となる、CDC、感染症病院、救急センターの予防、検査、治療能力の底上げを実現した。その効果は、事業実施後に発生した新型インフルエンザ等感染症への対応の改善に表れている。導入された設備は現在も多くが有効に活用されており、加えて中国政府の当該分野への注力ぶりから判断すると、体制・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

本事業は高い成果を挙げたと評価できるが、妥当性で述べた通り、事業実施プロセスが、タイミング、事業内容の両面に即して計画されたことが、全体としての効果の高さにつながったと考えられる。このような効果を挙げるうえでは、相手国の事業実施者による適切なニーズ把握プロセスを取り入れることと、タイミング、事業内容の両面に適した調達や事業実施計画を策定することが重要と考えられる。本事業の経験に基づく、より具体的な教訓は以下の通り。

- (1) 本事業は、SARS 発生以降の検査基準の強化などを進める中で計画・実施されたが、導入する設備の選定が、これら政策との整合性をリアルタイムで反映させることで、中長期的な設備のニーズが確保された。また実務担当者からのニーズ把握をこれらのプロセスに組み入れ、各地、施設レベルの実情を踏まえた調達を実施したことも、有効だったと考えられる。
- (2) 同様に本事業の調達方式は、効率性の面でも、事業の目的に合致した適切な方法が選定されたと評価できる。本事業では、施設レベルに応じて標準化した調達パッケージを作成し、各省実施機関に通常円借款事業の調達に必要な承認プロセスを効率化し、調達内容の決定に一定の裁量を付与したことで、ニーズの整合性を維持したうえで、調達に要する時間を大幅に効率化できた。この調達方式を選定したことも、タイムリーな投入が事業目的においても重要な意義をもつ本事業において、適切な選択であったと考えられる。
- (3) 全体として適切な事業設計がなされた一方、省レベルの調達や運用方針の違いが、効果発現の度合いにも影響していると考えられる。調達が効率的に進み、現在までの利用状況が他と比較して特に良好な江西省や遼寧省については、調達プロセスに公衆衛生専門家が関わったことで、各施設の現状を、専門的な観点も踏まえて把握できたこと、調達価格の低さのみに

重点を置くのではなく、将来の医療ニーズや維持管理等を想定した調達方針を立てたことなど、持続的な効果発現につながる適切な判断ができていたものと考えられる。このような実務レベルでの適切な人員配置は、上で述べた事業設計の適切性をより高める上で重要となる。

- (4) 本事業は公衆衛生対策の急速な強化に対応するために計画、実施された事業である。その成功の要因の一つは、上述した事業設計が、中長期の公衆衛生政策の強化をにらんで、計画された点にもあると考えられる。中国では環境基準の強化や公衆衛生対策のように、国家方針として掲げた取り組みの改革速度が非常に速いため、これらの事業ニーズの把握や設計については、短期的なニーズのみに焦点を当てるのではなく、将来動向をより重視した事業デザインを採用することが、事業ニーズのミスマッチを避けるうえで重要と考えられる。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
③ アウトプット CDC (感染症)病院 救急センター	(7省合計) 91カ所 85カ所 19カ所	(7省合計) 89カ所 84カ所 計画通り
④ 期間	2004年3月～ 2007年12月 (58カ月)	2004年3月～ 2010年12月 (82カ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	16,969百万円 19,598百万円 (1,370百万円) 36,567百万円 16,900百万円 1人民元＝14.3 円 (2003年8月現在)	16,021百万円 16,379百万円 (1,169百万円) 32,400百万円 16,021百万円 1人民元＝14.01円 (2004年3月～2010年10月平均)

以 上

中華人民共和国

陝西省水環境整備事業（陝西省）

アイ・シー・ネット株式会社 青木 憲代

0. 要旨

本事業は、陝西省 13 地方都市において、上水道設備を整備することにより、安全性の高い水の安定的供給を図り、生活環境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。給水人口、水道普及率、漏水率などの主要な運用効果指標の計画値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水供給の改善への認知度も高いことが確認されたことから、事業の有効性は高い。本事業の事業期間は時間を要しているものの、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・維持管理の体制や技術力の維持に問題がなく、一部の浄水場の財務の課題は改善の方向性に向かっていることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いといえる。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



銅川市浄水場のろ過池

1.1 事業の背景

中国では1990年以降、人口増加と都市化、工業化が急速に進行し、生活用水、工業用水など水需要の急増によって、多くの地方都市では水不足が進んだ。そのため経済が停滞するだけでなく、一部地域では地下水の過剰汲み上げによって地盤沈下が発生するなど、深刻な被害がもたらされた。老朽化した管路網の中に汚水が入り水源が汚染され、安全な飲用水を確保できない地域も出てきたため、管路網の補修や新たな浄水施設の拡張が求められた。

中国西北部に位置する陝西省は、政府による西部大開発¹と都市化政策の実施に伴って急速な発展を遂げていたが、特に地方都市において基盤インフラの整備が遅れており、水供給の必要性が高まっ

¹ 中国において東部沿海地域の経済発展から取り残された内陸西部地域を開発するための計画。陝西省は、その基点となる重要な省とされた。2000年3月全国人民代表大会で決定された。

ていた。

1.2 事業概要

本事業は、陝西省 13 地方都市において、上水道設備を整備することにより、安全性の高い水の安定的供給を図り、もって生活環境の改善に寄与することを目的としている。

円借款承諾額／実行額	7,700 百万円／7,699 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2005 年 3 月 29 日／2005 年 3 月 30 日
借款契約条件	・金利: 1.5%、研修のみ 0.75% ・返済: 30 年（うち据置 10 年）、研修のみ返済: 40 年（うち据置 10 年） ・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／陝西省人民政府
貸付完了	2010 年 7 月 26 日
本体契約 (契約額 10 億円以上)	China National Chemical Construction Corporation（中国）/ China Henan International Cooperation Group.Co.,Ltd.（中国）/ Sinohydro Engineering Bureau 15 Co.,Ltd（中国）
コンサルタント契約	なし
関連調査	F/S, Shaanxi Survey & Design Institute of Water Conservancy and Hydropower（陝西水利電力勘测設計研究院） 2003 年 6 月
関連事業	陝西省水環境整備事業（西安市）

本事業は 13 地方都市のサブプロジェクトにより構成されているため、サブプロジェクトの略称で記載する。各サブプロジェクトの報告書中の略称と事業概要は以下の通り。

表 1 サブプロジェクト事業概要

	所在市	サブプロジェクト略称 ²	事業概要			
			計画時給水能力 (万m ³ /d)	導・配水管敷設	水源	浄・配水場建設
1	咸陽市	咸陽市	34.50	導水管	地表水	浄水場×1
2	銅川市	銅川市	400	配水管	地表水	浄水場×1
3	榆林市	榆林市	500	導水管 配水管	地表水	浄水場×1
4	西安市	藍田県	200	導水管 配水管	地表水	浄水場×1
5	宝鶏市	鳳翔県	1.50	導水管 配水管	地表水	浄水場×1

² 宝鶏県サブプロジェクトは、事後評価時に陳倉区サブプロジェクトと改称された。

³ 浄水場は、貯水池や河川などの表流水などを浄化・消毒し、水道へ供給するための施設であるが、ここでの配水場は、地下水を直接汲み上げ、消毒したのち、水道へ供給するための施設を指す。

	所在市	サブプロジェクト略称	事業概要			
			計画時給水能力 (万m ³ /d)	導・配水管敷設	水源	浄・配水場建設
6	宝鶏市	隴県	1.00	導水管 配水管	地表水	配水場×1
7	宝鶏市	陳倉区 (宝鶏県)	2.95	導水管 配水管	地下水	配水場×2
8	宝鶏市	扶風県	2.35	導水管 配水管	地下水	浄水場×1 配水場×3
9	宝鶏市	千陽県	1.00	導水管 配水管	地下水	配水場×1
10	渭南市	華県	1.90	導水管 配水管	地下水	配水場×2
11	渭南市	合陽県	2.00	配水管	地下水	配水場×1
12	渭南市	富平県	3.00	配水管	地下水	配水場×1
13	渭南市	白水県	1.30	導水管 配水管	地下水	配水場×2



図1 サブプロジェクトの13 地方都市の分布図

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

3. 評価結果（レーティング：A⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 審査時の開発政策

(1)第10次国家5カ年計画（2001～2005年）

中国政府は第9次国家5カ年計画以降、地方都市上水インフラ整備を重点課題として位置づけており、第10次国家5カ年計画においても、水不足が深刻な大規模・中規模都市の水源確保と並んで、地方都市上水道インフラ整備を重点課題として位置づけた。具体的には、地方都市において、水道設備の新設あるいは1950年代から70年代の設備の更新を通じて、給水能力の強化、安全な飲用水の確保、漏水率の減少による水資源の節約などを達成するとした。

(2)第10次陝西省5カ年計画（2001～2005年）

陝西省政府は、第10次陝西省5カ年計画、第10次陝西省水資源開発利用5カ年計画を打ち出し、2010年の水需要に対応できる水資源開発と水供給設備の整備を行い、同省で現在飲用水の確保が困難な200万人に対し、安全な水を提供するとした。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

(1)第12次国家5カ年計画（2011～2015年）

第12次国家5カ年計画においても、地方インフラ整備を進めて供給能力を強化し、年供給能力を400億m³に増加させ、安全な水供給を図るとしている。老朽化した設備や管路網を更新して漏水率を減少させ、節水型社会⁶の創設により水資源の有効利用を促進するとしている。

⁴ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

⁶ 節水型社会とは、節水意識の啓発、節水型家庭用品の普及、水道の漏水対策、工業用水の回収率の向上などを推進し、限りある水資源を節約していく社会のこと。

(2)第12次陝西省5カ年計画(2011～2015年)

陝西省政府は第12次陝西省5カ年計画、第12次陝西省水資源開発利用5カ年計画において、都市部の給水施設の改修事業と拡張事業によって、効果的な給水能力の向上を図るとともに、大規模・中規模都市や新しく建設された開発区(新区)の給水事業を強化し、水消費の多い業界の節水や廃水の資源化を徹底するとしている。具体的には、第11次陝西省5カ年計画(2006～2010年)で強化された節水型社会の創設に向けて、引き続き節水を促進して地域の給水事情に合わせた水道料金制を導入し、地域や業界の分野により料金制を差別化することなどが掲げられた。また第12次陝西省環境保全産業発展5カ年計画では、2015年までに工業用水量を2011年比で20%減少させ、工業用水リサイクル率を70%以上にすると設定している。第12次陝西省水資源開発利用5カ年計画によれば、給水インフラの開発のため、新しい水源の開発(主にダム)、下水道整備による水の再利用の推進を計画している。

以上のことから本事業は、国家、陝西省レベルの開発計画の中でも重点分野とされる水供給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

西部大開発と都市化政策により陝西省の地方都市は急速に発展していたが、需要に対して供給が低く、乾期においては水不足が顕著となっていた。特に地方都市の水不足は乾期に深刻で、浅い地下水を水源とする場合、水質が劣る水を飲用水に使っていた。

既存の上水道設備のほとんどは1970年代に建設されたもので、老朽化による水質低下や漏水⁷が著しく、早急な対処が課題となっていた。

事後評価時においても、政府は、西部大開発の拠点として陝西省地方都市を発展させるため、年間を通した量質ともに安定した水供給の強化を進めている。水資源に限られる陝西省において安定的な水供給を確保するため、陝西省政府では給水インフラの整備と節水政策を進めている。各種の節水政策により、工業用水、生活用水における節水⁸が進み、水需要の伸びも、本事業計画時と比べると低いものとなっている。表1は陝西省の水需要の変遷と供給実績を比較したものである。

⁷ 漏水率の定義は、管網の漏水率すなわち物理的漏水率。

⁸ 陝西省水資源管理条例に基づき、陝西省業界別水利用容量が「陝西省工業用水定額に関する通知2004年4月」「陝西省用水節約方法2003年9月」により詳細に決められている。

表2 陝西省の水需要・供給と水道普及率の変化

	2005 年 需要予測	2005 年 供給実績	2010 年 需要予測	2010 年 供給実績
水需要予測・供給実績 (億 m ³ /年)	87.4	78.7	144.4	83.3
農業用水 ⁹	60.6	53.8	86.7	57.4
工業用水	14.5	13.8	38.7	11.7
生活用水	12.3	11.1	19.0	14.2
水道普及率：(%)				
都市部	85	90	95	92
農村部	60	45	75	65

(出所) 審査時資料、陝西省水資源公告より引用。

注) 事後評価時の質問票回答から得られた需要予測では、2015年100.35億 m³/年、2020年113.98億 m³/年となっている。

水需要全体の傾向は事業計画時から変化しているが、依然として供給能力を上回る需要があり、水供給インフラ整備のニーズそのものには大きな変化はない。

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、供給側と需要側の両方の観点から、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

日本の対中国経済協力計画、JICA（旧 JBIC）の海外経済協力業務実施方針や2004年度国別業務実施方針は、「環境保全」に重点を置いていた。

この国別業務実施方針では、水質悪化や設備老朽化に伴う水不足が深刻化する状況において、安全な飲用水を確保して公衆衛生の観点から感染症対策にも役立つ上水道事業を促進し、そのための人材育成などを支援するとした。

以上より、本事業は中国の開発政策、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¹⁰（レーティング：③）

本事業の目的は、上水道設備を整備することにより、安全性の高い水の安定的供給を図ることであり、達成度を測る主な指標として、表2に示すような運用効果指標を設定した。

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用効果指標

本事業によって整備された給水設備の主要な運用効果状況は表2のとおり。各浄・配水場の詳細な運用効果指標の実績については、別添1を参照のこと。

事後評価時、本事業対象地における給水人口は、計画比で84.3%であり、後述する通り、水質の改善が図られ、24時間給水が実現されている。その他の指標についても計画比で水道普及率98.9%、漏水率91.9%、無収水率94.8%を達成しており、安定的供給が図られていると判断す

⁹ 本給水事業は、工業用水と生活用水を対象としている。

¹⁰ 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。

る。給水量については、陝西省の水需要について事業計画時と比較して変化が生じており、特に給水人口の伸びの停滞や、生活用水、工業用水とも節水対策が進み、水需要自体の伸びが当初想定より低くなっているが、上述の状況から需要に対し、「安全性の高い水の安定供給」は達成されていると判断できることから有効性は高いと評価できる。通常給水事業の評価では給水量の伸びを重要な指標として位置づけているが、水資源の限られた陝西省において、節水等が進んだことにより、結果水需要が低く推移していること自体は、将来的な資源の持続性の観点から、望ましいことであり、またクリーナープロダクション¹¹と生態環境保護を進める陝西省の環境保護政策とも合致している。

表3 運用効果指標

指標名	基準値 2003 年	目標値 2012年 ¹²	実績値 2012 年	計画比
施設供給容量 (万 m ³ /日)	不明	62.50	62.50	100%
給水人口 (人)	805,727	1,727,122	1,455,580	84.3%
給水量 ①日最大 (m ³ /日) ②日平均	208,600 161,100	830,400 684,540	372,697 305,010	44.9% 44.6%
施設 利用率 ①日最大 (%/日) ¹³ ②日平均	100 77	100 82	64.3 52.6	64.3% 64.1%
水道普及率 (%)	44	92	91	98.9%
一人当たり ¹⁴ 給水量 ①日最大 (m ³ /日) ②日平均	0.259 0.200	0.481 0.395	0.256 0.210	53.2% 53.2%
漏水率 (%) ¹⁵	15	8	8.7	91.9%
無収水率 (%) ¹⁶	19	11	11.6	94.8%

(出所) 陝西省水利庁の質問票回答。

各指標について、サブプロジェクトの傾向は以下のとおり。

(1)給水人口

給水人口は、目標値の 84.5%に達している。各都市で計画達成状況に違いがみられる。達成状況が良好なのは、鳳翔県、隴県、扶風県、千陽県、富平県、合陽県、白水県である。給水人口の達成率が低い都市は咸陽市、銅川市、榆林市、陳倉区、華県などである。理由は以下のとおりである。

・銅川市、榆林市、華県は、開発区（新区）を対象としているが、開発区の人口は計画時想定ほど伸びていないためである。ただし、浄・配水場への聞き取り調査によれば、年ごとに給

¹¹ クリーナープロダクションとは、低環境負荷型の生産システムの構築を目指すことの総称。中国では2003年1月に、クリーナープロダクション促進法が施行された。

¹² 事業の完成3年後。

¹³ 総給水量÷総容量×100。

¹⁴ 一人あたり給水量には、生活用水量のみならず、工業用水量も含まれている。

¹⁵ 物理的漏水量÷総給水量×100。

¹⁶ 無収水量÷総給水量×100。

水人口は増加しており、開発区や都市部の人口増加は進んでいる。

- ・陳倉区の場合は、自動車製造工場と工場従業員団地の建設が計画されていたが、他の県に建設したためである¹⁷。

- ・咸陽市は、本事業外の配水管網整備の遅れのためである。

(2)給水量や設備利用率

各都市の給水設備の給水能力はほぼ計画どおりの能力が維持されているが、実績は計画比の約 5 割前後にとどまる。給水量が計画より少ない理由は、上述した節水政策の促進と供給人口の減少による需要量の伸びの低さが大きな要因と考えられる。

事業対象の各都市は節水型社会モデル都市に指定されており、コミュニティ、学校、産業の各レベルで節水を進め、世帯レベルでも節水器具、節水便座の利用、入浴時の節水等、水の再利用が励行されている。これらの取組みの結果、住民の生活習慣の変化を通じて、生活用水の抑制が進んだ。

実際に、一人当たりの給水量の 2012 年目標値と実績値を比較すると、事業計画時に算出された給水量は 0.395 m³/日平均だが、実際には 0.21 m³/日平均となっている。このことは本事後評価で実施した受益者調査でも裏付けられており、節水行動の有無について、回答者の 8 割近くが節水を意識して実施していることを認めている。

工業用水についても節水が進められている。陝西省水利庁関係者の情報によれば、陝西省政府が設定した拘束性の高い節水基準の厳格な適用が進み節水基準に適合しない技術や設備の淘汰が進められた結果、産業活動あたりの水需要が抑制されていることが確認された。各分野の節水量に関わる詳細なデータは得られなかったものの、陝西省節水推進室によれば、工業分野では、2009 年には工業付加価値 1 万元あたりの水使用量は 52m³ まで低下しており、全国基準値の 163 m³ の 1/3 以下に達している。

(3)漏水率、無収水率

漏水率、無収水率の改善の理由としては、配水管網整備が挙げられる。本事業のみならず、省、市、県の予算による配水管網整備事業も同時に実施されているため、本事業のみの効果ではないものの、一定の効果をあげたと判断できる。

3.2.1.2 水道水質

現地調査時に各浄水場で水質検査の状況を確認したところ、対象 13 か所の処理水はいずれも 2007 年 7 月より実施された国家生活飲用水衛生基準をクリアしており、水質面の問題はないことが確認された。運営・維持管理機関への聞き取り調査によれば、千陽県、咸陽市など一部都市では以前は自家井戸（浅井戸）を使用していたため水質に問題があったが、水道水供給開始により、大幅に改善された。そのほか藍田県では、事業前、農業用水を水源としていたが、秦嶺山脈からの水源に転換したことにより、水質が顕著に改善されたことが報告されている。

¹⁷ 陝西省水利庁の質問票回答と浄・配水場への聞き取り調査結果。

水質管理の強化の観点からは、本事業により、各浄・配水場はいずれも 21 項目を測定できる水質実験室が整備された。水質検査の頻度と項目を増やし、水質のモニタリング体制が強化された。各浄・配水場のみならず、各市衛生局がモニタリング水質検査を定期的に行っている。各浄・配水場では、測定可能な項目について処理前後の水質検査を行い、県と市へ四半期 1 回に報告している。市衛生局は給水地域の任意の地点で抜き打ち検査を行っている。

参考として、鳳翔県浄水場の水質検査結果のサンプルの一部を以下に記す。

表4 鳳翔県浄水場処理後における水質基準と処理水の実績水質水¹⁸

代表的項目のみ	国家基準	処理後水質
pH 値	6.5-8.5	8.14
濁度 (NTU)	≤1	0.88
色度 (度)	≤15	2
肉眼可視物	なし	なし
総硬度 (mg/l)	≤450	232.4
鉄 (mg/l)	≤0.3	<0.05
銅 (mg/l)	≤1.0	<0.02
亜鉛 (mg/l)	≤1.0	<0.02
マンガン (mg/l)	≤0.1	<0.02
塩化物 (mg/l)	≤250	12.45
鉛 (mg/l)	≤0.01	<0.0005
硝酸塩 (mg/l)	≤20	0.48
化学的酸素消費 (mg/l)	≤3	1.62

(出所) 陝西省城市供水水質観測宝鶏モニタリングステーション検査結果、
陝西省水利庁から入手。

注) 2012年12月12日採取の処理水、代表的項目のみ。

3.2.1.3 安定的供給

各浄・配水場関係者への聞き取り結果と受益者調査結果によれば、管路網整備と浄・配水場建設により水圧と水量の観点から安定した給水が確保されるようになった。ピーク時の水圧不足や断水が改善され、24 時間給水が確保されるようになった。

3.2.2 定性的効果

本事業では、水供給インフラを整備することで、安定した水の供給の効果も期待されていた。これらの効果を確認するために、住民を対象とした質問票調査を実施した。以下にその回答結果をまとめる。

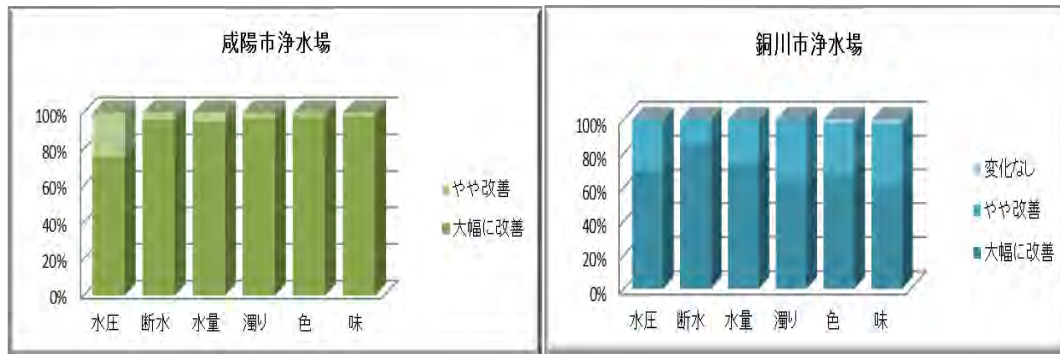
3.2.2.1 水圧や水量や水質の改善

受益者調査¹⁹は、対象都市から咸陽市、銅川市を選定、咸陽市住民 100 サンプル、咸陽市事業所 10 サンプル、銅川市住民 50 サンプルに対して実施された。

¹⁸ 事業前の鳳翔県浄水場処理水のデータは得られなかったが、事業後も地下水源であるため、鳳翔県浄水場の場合は、基本的に水質に大きな変化はないが、水質検査自体は強化されたと鳳翔県浄水場関係者から回答を得た。

¹⁹ 調査方式は、住民と企業ともに訪問形式を取った。住民対象の調査回答者は、性別で男性 58%、女性 42%であった。年齢別では、20～29 歳が 10.7%、30～39 歳が 22.0%、40～49 歳が 29.4%、50～59 歳が 22.6%、60 歳以上が 15.3%を占めた。調査対象者の現地平均居住期間は 6.4 年。咸陽の事業所に対する調査は、雇用者数が 300 人から 1500 人までの事業所を対象とした。紡績機械工場、咸陽市第一人民医院、藍馬啤酒有限公司など 10 社である。

水圧や水量、水質については、事業実施以前と比較して、改善を認める回答が大半を占めている。特に以前は地下水中心の給水だった咸陽市では、濁度、色、味の点で大幅に改善された。銅川市の一部住民からは、以前の居住地の旧市街²⁰と比較して、水圧や水量、水質が改善されたという回答が得られた。



(出所) 受益者調査結果。

図2 水圧や水量や水質の改善

表5 各浄・配水場の給水状況に関わる聞き取り結果の概要²¹

	水源	浄・配水場 建設	聞き取り結果概要
咸陽市	地表水	浄水場×1	地下水利用と配水管網の整備の遅れのため水量不足により断水が頻繁に生じていたが、改善された。
銅川市	地表水	浄水場×1	水量、水圧の両方が改善された。
榆林市	地表水	浄水場×1	水圧、水量不足、断水が改善された。
藍田県	地表水	浄水場×1	農業用水の下流を水源としていたため、水質は劣っていた。また、夏のピーク時には、午後に断水するなどの問題が起こっていたが、事後評価時には24時間給水となり、水質と水圧も改善した。
鳳翔県	地表水	浄水場×1	水質の改善が見られるとともに、水量も増えた。
隴県	地表水	配水場×1	夜間断水と水圧の面で問題があったが、改善された。
陳倉区	地下水	配水場×2	ピーク時の水量不足が改善された。
扶風県	地下水	浄水場×1 配水場×3	水圧、水量ともに改善された。老朽化した配水管網が改善され、安定した供給が可能となった。
千陽県	地下水	配水場×1	計画時には断水が生じ、計画給水をしていた。以前の水道普及率は60%で、多くの世帯が自家井戸を使用していた。事後評価時には、水道普及率が98%となり、水量、水質ともに改善された。
華県	地下水	配水場×2	計画時には夜間給水停止の状態であったが、事後評価時は24時間給水が可能となった。
合陽県	地下水	配水場×1	水量と水質ともに改善した。
富平県	地下水	配水場×1	水量不足が大幅に改善した。
白水県	地下水	配水場×2	計画時水圧・水量不足のため、断水が生じ、古い配管が度々破裂するなどの問題があったが、事後評価時にはこれらの状況が改善された。

(出所) 浄・配水場関係者への聞き取り結果。

²⁰ 旧市街の給水の水源は、貯水池を水源とする表流水である。本事業の浄水場の水源とは異なる。

²¹ 現地調査時各浄・配水場への聞き取りによる結果。

3.2.2.2 効率化の促進

咸陽市、藍田県、鳳翔県、銅川市、榆林市の浄水場では、自動化システムと情報管理システムが整備されて浄水管理の効率化が図られ、人件費の削減などによりコスト低減につながった²²。

3.2.2.3 本邦研修の効果

本事業では、実施各機関関係者と浄・配水場関係者の能力強化のため、京都府（地方自治体）との連携により本邦研修が実施された。現地での聞き取り調査から、研修の参加者がその成果を生かして、表 5 のような具体的な取組みにつながっていることが確認できた。陝西省水利庁の意思決定に関わる職員、各県・市レベルの水利局職員、浄・配水場の運営維持管理の責任者と技術者が共に参加し、本邦研修で学んだことがすぐに実践に活かされた。課題点を共有する意識を持ったことが、研修員の帰国直後の実践につながった。

表 6 研修で学んだ取組みの実践とその効果

取組みの種類	具体的な内容	取組みによる具体的な効果
水質管理	・活性炭や無煙炭を使用（銅川市、榆林市） ・水質検査の厳格な実施（合陽県、榆林市、陳倉区）	・水質向上（味や臭いの除去） ・水質検査に関わる人員の研修強化、人員の採用
事業運営	・浄水場システムの自動化（藍田県） ・使用量メーターの世帯外設置（扶風県）	・人員の削減 ・料金徴収率の向上、料金徴収の効率化
水源管理	・水源に屋根を設置（合陽県） ・緊急水源池の整備（銅川市）	・水源の保護 ・非常時の水源確保
管路対策	・管路網の漏水対策（富平県、合陽県） ・円型铸铁管の取り付け方法の取得（扶風県）	・漏水率の減少 ・施工期間の短縮化
運営・維持管理	・浄水場の処理施設に建屋を設置（銅川市、榆林市）	・節電効果、自動化設備の故障の軽減、黄砂に関わる清掃などの人件費削減

本邦研修により今後課題として改善されなければならない点も明確になった。研修を受けた職員への聞き取り結果では、水処理技術の自動化による人員削減、料金徴収システムの効率化、管材の質的改善が今後の課題とされた。

以上のことから、本事業により、給水人口が拡大し、水量、水質は改善され、24 時間給水の安定的供給が可能となっており、管路網整備による漏水率・無収水率の改善により、給水サービス全体が改善しており、総合的に判断して有効性は高いと評価する。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

²² 浄・配水場への聞き取り調査結果。

3.3.1.1 生活環境の改善

表6と表7が示すとおり、咸陽市と銅川市では、洗濯や清掃の回数が増え、世帯内の衛生状況が改善された。銅川市では、水の汲み置きをしなくてもよくなったと74%が回答している。咸陽市と銅川市のいずれの都市でも、水因性疾病の変化については横ばい状態であり、特に変化が見られなかった。

表7 咸陽市における水供給の改善による変化

	(複数回答可)
洗濯の回数が増えた。	83%
世帯内の衛生状況が改善した。	45%

(出所) 受益者調査結果。

表8 銅川市における水供給の改善による変化

	(複数回答可)
水の汲み置きをしなくてもよくなった。	74%
水汲み時間が減った。	56%
洗濯の回数が増えた。	62%
掃除の回数が増えた。	64%
世帯内の衛生状況が改善した。	50%

(出所) 受益者調査結果。

銅川市の住民に対しては、水汲み時間が減ったため、その時間をどのような活動に使用できるようになったか質問（複数回答）を行った。これに、仕事を一層するようになった（41%）、休息をとるようになった（62%）、家族の世話をするようになった（41%）、その他の家事をするようになった（51%）としている。

3.3.1.2 生産活動への寄与、投資環境改善への貢献

咸陽市で行われた事業所調査では、給水事情の改善により、表8のような結果が得られている。咸陽市の場合、断水時間が長く、水を多量に使用しない部門の製造業においても、生産に影響がでていた。

表9 給水事情の改善による変化 (事業所回答)

	(複数回答可)
生産量が増加した。	100%
稼働時間が増加した。	80%
収益が拡大した。	20%
安定した生産活動が可能となった。	20%
同地域での投資が増大した。	10%

(出所) 受益者調査結果。

給水事情の改善による投資環境への影響について、定量的に裏付けられるような投資件数や投資総額のデータは得られていない。実施期間中、各部門で節水基準が厳しくなり、水を多用するような生産部門は投資が不可能となったものの、陝西省統計年鑑と陝西省工業発展状況によれば、金属加工、工作機械、自動車組み立て、原油加工などの水使用の少ない製造業には、24時間給水により投資を促進する要因となっていることが確認されている。特に政府水利担当者への聞き取りによれば、天然ガス、石油などの資源をもつ銅川市や榆林市においては、開発

区を対象に都市上水道が整備されたことは、企業投資の促進要因の 1 つとなっているとの回答を得た。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

環境影響評価報告書により²³、浄・配水場の騒音処理過程を経た騒音が、国家基準に適合するように求められた。計画時に騒音防止の基準を満たすように設計されたが事後評価時にも、浄・配水場による騒音は国家基準に適合していた²⁴。

工事中の環境モニタリングが義務付けられていた。工事現場や取水口設置付近の水質汚濁、工事により発生する土埃、工事車両のエネルギー燃焼などによる空気の汚染、工事に関わる騒音について、指定された場所、頻度、方法でモニタリングが行われた。問題がある場合は必要な措置が取られた²⁵。取られた具体的な措置の例としては、取水施設の工事の際には、シートパイルによる仮締め切りと水替え工事が行われ、水質汚濁の防止がなされた²⁶。

また、供用後の環境モニタリングについては、観測者、観測個所、観測項目・頻度などに関して環境保護部門が決めており、地下水位に関しては、各県水利局や自来水会社がモニタリングを実施し、結果は年に 1 回、各県水利局から陝西省水利庁へ報告されている。これまでの環境モニタリング報告によれば、本事業による地盤沈下などの負の影響は生じていない。地下水を使用する配水場は、地下水層が 850m（富平県、合陽県）、355m（華県）、200m（扶風県）と深いため、現時点では揚水に関わる影響は報告されていない。正の影響として、一部浄水場で地下水水源を表流水としたことにより、地盤亀裂の進行が軽減された（咸陽市）²⁷。

浄水場の排泥後の汚泥処理方法は、天日乾燥してごみ処理場や埋め立て処理場へ搬送する浄水場（藍田県、咸陽市）と、下水管を通して下水処理場で処理する浄水場（榆林市、銅川市）の 2 種類がある。環境に対しての負荷が最小限となるような策が採られている。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

国務院の「大・中規模水利及び水力発電建設プロジェクトの土地収用補償と移転住民の再定住に関する条例²⁸」に従い、各地方政府の国土資源局²⁹が本サブプロジェクトの用地取得を行い、特段の問題は発生せず、係争などはなかった。取得用地の面積は 196ha、取得に要した価格は 2724 万元³⁰であり、住民移転は発生していない。計画時に約 35ha 必要とされていたが、実際には、用地取得は、計画より広く取得されている³¹。咸陽市浄水場の場合、計画は 10.8ha であったが、

²³ 審査時資料。

²⁴ 浄・配水場関係者からの聞き取りによる。

²⁵ 陝西省水利庁関係者への聞き取り。

²⁶ 浄・配水場関係者からの聞き取りによる。

²⁷ 陝西省水利庁関係者からの情報。

²⁸ 大中型水利水電工程建設征地補償和移民安置条例。

²⁹ 事後評価時は土地資源局。

³⁰ 各浄・配水場による情報を元に算出した。

³¹ これらの用地取得は将来的に拡張する給水設備用地も想定して取得されている。本事業用地と将来的に使用する用地の面積を分けた情報が得られなかった。

92.264ha 取得している。

3.3.2.3 工事による周辺住民への影響

本事業は、都市給水の浄・配水場ではあるものの、浄・配水場は農村部に所在し、敷地周辺は一般耕作地で、周辺に住民が住んでいないため、周辺住民への影響はなかった。工事中に浄・配水場関係者によりモニタリングが実施されたが、特に工事中、周辺地域に対する影響はなかった³²。

以上より、給水事情は改善し、給水人口、水道普及率、漏水率などの指標も達成しており、本邦研修の良好な効果も確認された。受益者調査の結果からも生活環境の改善や企業の生産活動への正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どおりの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高いと判断できる。

3.4 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット

施設設備については、計画どおり実施された。本邦研修については、計画より3コース増やして行われた。地方都市の人材育成のニーズがあり、予算上もその実施が可能であったために研修コースの増加が可能となった。

(1)施設・設備

本事業により整備・提供されたアウトプット（計画と実績）を表9に示す。計画どおり施設が整備・提供された。

³² 浄水場関係者による情報。

表 10 アウトプット（計画と実績）

地名	給水能力 (万m ³ /d)	水源	導・配水管敷設	浄・配水場建設	実績 ³³
咸陽市	34.50	地表水	導水管 73km	浄水場×1	計画どおり
銅川市	4.00	地表水	配水管 228km	浄水場×1	計画どおり
榆林市	5.00	地表水	導水管 3km 配水管 25km	浄水場×1	計画どおり
藍田県	2.00	地表水	導水管 1km 配水管 17km	浄水場×1	計画どおり
鳳翔県	1.50	地表水	導水管 24km 配水管 31km	浄水場×1	計画どおり
隴県	1.00	地表水	導水管 19km 配水管 7km	配水場×1	計画どおり
宝鶏県	2.50	地下水	導水管 16km 配水管 7km	配水場×2	計画どおり
扶風県	2.35	地下水	導水管 18km 配水管 43km	浄水場×1 配水場×3	計画どおり
千陽県	1.00	地下水	導水管 5km 配水管 30km	配水場×1	計画どおり
華県	1.90	地下水	導水管 13km 配水管 24km	配水場×2	計画どおり
合陽県	2.00	地下水	配水管 22km	配水場×1	計画どおり
富平県	3.00	地下水	配水管 24km	配水場×1	計画どおり
白水県	1.30	地下水	導水管 6km 配水管 33km	配水場×2	計画どおり
合計	62.50	—	—	—	

（出所）陝西省水利庁のデータ。

(2)研修

地方自治体（京都府）との連携により本邦研修が 11 コース実施され、陝西省水利庁関係職員、各浄・配水場の職員、各県・市の水利担当者が計 142 人参加した。計画時 8 コースが実施されることになっていたが、施設設備、予備費の予算が多少余り、かつ地方都市人材を中心に強化する研修ニーズがあったため、3 コースがさらに増された。研修グループは、事業マネジメントコースと技術コースに分かれ、約 14 日間の研修であった。研修を受けた職員は、現在も各浄・配水場の水利関係の職に就いている³⁴。

³³ 導管、配水管にわずかに長短の変更がある。

³⁴ 浄・配水場の職員で県や市や省の水利関係部局へ異動した職員や退職者が数名ずついる。

表 11 研修実績

研修内容	研修回数	研修人員数
事業マネジメントコース	4	43
技術コース	7	99
合計	11	142

(出所) 陝西省水利庁のデータ。

表 12 本邦研修の研修内容

	実績
研修先	自治体（京都府）との連携による日本での研修
研修内容	事業マネジメントコース: 事業マネジメント、調達マネジメント、財務マネジメント、運用維持管理マネジメント、モニタリング評価 技術コース: 給水システム上級管理、配管網に関する GIS、施設設備の維持管理

(出所) 陝西省水利庁のデータ。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業の総事業費は、12,630 百万円の計画に対して、実績は、12,647 百万円である。計画に対する実績比は 100.13%である。1,700 万円増加しているのは、内貨分の計画事業費 4,930 百万円が、実績では 4,947 百万円となったためである。内貨総額は、為替レートの変動により増加が抑えられているものの、物価上昇のため結果的に増加している。

3.4.2.2 事業期間

本事業の事業期間は、計画によれば 2005 年 3 月～2007 年 12 月（34 カ月）³⁵、実績では 2005 年 3 月～2010 年 6 月（63 カ月）である。アウトプットの増減はないが、29 カ月の延長のため計画比で 185%である。全般的に資機材の調達に時間を要し、特に富平県、華県では 63 カ月かかった。一方、比較的早い時期に運転開始した浄・配水場は、榆林市 46 カ月、千陽県 45 カ月、合陽県 46 カ月である。

3.4.3 内部収益率

本事業の審査時の資料では、事業の内部収益率（FIRR）について、対象となる浄・配水場の FIRR の平均値のみが記載されており、計算の詳細や、各浄・配水場の個別の計算結果については確認できなかった。本事後評価でも審査時同様、全浄・配水場の FIRR の平均値の算出を試みたが、十分なデータを回収することができなかった。このため参考として、データを得ることができた浄・配水場のうち、それぞれ 1 つずつを選定し、FIRR を算出した。この結果を審査時の FIRR の平均値と単純比較することはできないものの、浄水場の財務面の事業性がどのように変化したかを確認するための参考情報としては活用できるものと考えた。計算の前提条件、結果は以下の通り。

³⁵ 完成の定義は全サブプロジェクトの正式運転の開始。

表 13 財務的内部収益率(FIRR)の計算結果

前提条件	計画 (2004年)	実績 (2012年)
プロジェクトライフ：30年 費用 ³⁶ ：建設コスト、運営・維持管理費 便益：上水道料金収入	FIRR：6.01%	銅川市浄水場 FIRR:3.15% 富平県配水場 FIRR:マイナス

(出所) 審査時資料、事後評価時資料。

以上より、事業費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）

3.5.1 運営・維持管理の体制

3.5.1.1 実施機関

本事業の計画時と比較して組織の変更はない。実施監督機関は陝西省水利庁である。

3.5.1.2 運営・維持管理機関

13 浄水場の運営・維持管理機関は、計画時と基本的に変更されていないが、2 つの運営機関については組織名が変更された³⁷。いずれも各運営・維持機関は地方政府が出資し管理を行う国営企業または国営持ち株会社である。今後の民営化などの計画はない。13 の運営・維持機関はどれも独立採算制を採用している。運営維持会社には、自来水公司（水道会社）と供水公司（浄水会社）の 2 種類があり、自来水公司は、水供給のみならず水の販売などにより、収益向上のために他の有料事業を行うことができるが、咸陽浄水場のような供水公司は、浄水のみを担当し、自来水公司会のような有料事業ができずに、財務上の補填が限られている。基本的に公司ごとに運営・維持管理は任されている。各公司は所属する県・市の水利局の監査を受ける。

表 14 事後評価時の運営・維持機関と組織形態

	運営・維持管理機関名	組織形態	営業形態
咸陽市	咸陽市石頭河供水公司	国営企業	浄水会社
銅川市	陝西銅川供水有限公司 ³⁸	国営持ち株会社	浄水会社
榆林市	榆林ハイテク区給排水有限責任公司★	国営持ち株会社	水道会社
藍田県	藍田県自来水公司	国営企業	水道会社
鳳翔県	鳳翔県自来水公司	国営企業	水道会社
隴県	隴県自来水公司	国営企業	水道会社
宝鶏県	陳倉区自来水公司★	国営企業	水道会社

³⁶ 諸税、用地取得費、建中金利は費用項目に含めていない。運営・維持管理費に人件費を含む。

³⁷ 宝鶏県自来水公司是、行政名が宝鶏県から陳倉区に変更されたため、水道会社名も変更された。榆林ハイテク区給排水有限責任会社が、有限公司化する際に、榆林西沙区供配水有限公司から現在の名称に変更された。

³⁸ 有限会社と有限責任会社は、各株主が出資した分に応じて、会社に対し限られた責任を負い、会社はその総資産を以て債務返済の責任を負う。

	運営・維持管理機関名	組織形態	営業形態
扶風県	扶風県自来水公司	国営企業	水道会社
千陽県	千陽県自来水公司	国営企業	水道会社
華県	華県自来水公司	国営企業	水道会社
合陽県	合陽県申都城郷供水有限責任公司	国営持ち株会社	浄水会社
富平県	富平県城区供水公司	国営企業	浄水会社
白水県	白水県自来水公司	国営企業	水道会社

(出所) 陝西省水利庁のデータ。

(注) ★付けのある機関は、運営・維持機関名が変わった機関。

3.5.2 運営・維持管理の技術

3.5.2.1 各浄・配水場の人材の技術レベル

技術レベルについての質問票回答と視察時の聞き取り調査結果によれば、各浄・配水場は、設備と施設の運営・維持管理に適したレベルである。現場における技師への聞き取り内容、次項に述べるような研修への取組みなどから、技術レベルの向上に努めていると判断できる。

各浄・配水場では、内部研修として、新入社員研修、持ち場研修、経験を持つ技術者との勉強会などを行い、外部専門家やメーカーによる水道の水処理や測定技術の研修会を開催している。各浄・配水場における水質検査に関わる人材は、採用の際に技術レベルの高い有資格の人員を採用している。他の幾つかの浄水場を訪問し、浄水場の維持管理を学んでいる浄水場もあった（銅川市、榆林市）。水質検査の質の向上については、水質測定センターに協力してもらい、技術の向上に努めている（銅川市、扶風県、隴県、鳳翔県、千陽県）。

省レベルで水利協会があり、陝西省の給水維持管理関係者が参加する年 1 回の研修を実施している。この研修において浄水処理、水質管理、維持管理について経験を共有している。



図3 自動制御室の濁度記録（銅川市）



図4 二酸化塩素³⁹発生室（富平県）



図5 水質検査室（隴県）

3.5.3 運営・維持管理の財務

3.5.3.1 各浄・配水場の収支状況

浄・配水場の財務面の運営については、原則として、各運営維持会社による独立運営の方針が立てられている。各運営維持管理会社の責任者へのインタビューでは、水道事業の収支が悪

³⁹ 11 カ所の浄・配水場では二酸化塩素による消毒・殺菌が行われていた。

化する場合は、地方政府が補助金の形で支援することになっており、財務的には安定していると考えられる。事実、咸陽市では、省や市からの補助金で運営が成り立っている。

次に各浄・配水場の収支状況について、現地調査時に収集したデータ⁴⁰⁾によれば、鳳翔県、銅川市、榆林市のように自動化の進んだ浄水場は黒字を維持している⁴¹⁾。本業による収支がマイナスの浄・配水場については、給水関係の請負事業などにより収支の改善を試みているほか、人員削減や業務の効率化等の取組みを進めている。なお、収支報告上赤字が計上されている浄・配水場は、税制優遇を受けている⁴²⁾。地方政府による財政支援を受けている咸陽市浄水場では、事業収支の改善のため人員整理等の合理化を進めている。元々咸陽市の場合、浄水コスト（1.27 元/m³）に対して給水単価（1.04 元/m³）が低く設定されていることに加え、浄水以外の収入源を有していないため、財務的な収益性改善が独力では困難な状況であった。このため咸陽市では人員整理、資産整理等を進め、複数存在した水道会社と運営・維持管理機関を統合し、咸陽水務集团有限公司として一元化した。同水務集团有限公司には特別な経営権が付与され、現在、使用している地下水源の開鎖命令などの権限が与えられ、水道料金の構成は、給水業務のコストと収益に税金を加味して、決定し申請ができるようになった⁴³⁾。これらの一元化の動きは 2014 年に完了する予定で、これらの組織改革が今後収益性の改善に一定の効果を挙げることが期待できる。

3.5.3.2 水道料金設定と改定

水道料金については、地方政府の物価統制局が自来水公司や供水公司の収支状況、物価上昇率、他の公共料金の水準等を勘案して決定している。料金改定の状況について、各浄・配水場を確認したところ、各市・県の水道料金はほぼ 3 年ごとに改定されている。

表 13 は、一例としての華県の水道事業収支である。1m³あたり給水価格が供給原価を超過しているため、華県政府が渭南市物価局に水道料金の値上げ申請を行っている。

⁴⁰⁾ 陝西省円借款給水事業費用及び収益統計。

⁴¹⁾ 各浄・配水場の減価償却など含めた貸借対照表などの詳細な情報は得られず、キャッシュフローベースの財務情報により判断した。

⁴²⁾ 藍田県、陳倉区、扶風県、華県、合陽県、富平県、白水県。

⁴³⁾ 「咸陽市人民政府咸陽有限公司供水特許經營權的通知」2012 年 12 月

表 15 華県給水事業の給水原価と供給原価分析

(単位:元)	
項目	金額
生産コスト	1,842,350.23
内訳：電気代	1,221,380.52
減価償却	124,224.10
水道ポンプ点検	85,196.00
税金	296,549.61
構造物、土地	100,000.00
塩素添加による滅菌処理	15,000.00
①1m ³ あたりの生産コスト	1.07
販売コスト	3,081,779.69
内訳：人件費	1,676,898.00
福祉関係費用	318,715.91
財務費用	24,323.71
公務費	102,199.30
移動費（フライト、車）	167,910.40
その他の管理費	602,738.91
借款返済	90,000.00
②1m ³ あたり販売コスト	1.80
③1m ³ あたり給水原価（① + ②）	2.87
④1m ³ あたり供給原価	2.33
1m ³ あたりの収益（④ - ③）	-0.54

(注) 料金徴収率は華県の場合 95%。水源は配水場用の地下水源を使用。
 年間の水供給量は 171 万 1200m³。

(出所) 華県自来水公司のデータ。

咸陽市水務委員会への聞き取りでは、今後、水道料金を適正な価格に値上げ申請していく計画であることが確認された。受益者調査結果⁴⁴においても、現在の水道料金は妥当であるが 80%、安いのが 20%を占めるため、値上げの余地が確認された。物価上昇によるコスト増で支出が収益を上回った場合や水道料金の引き上げが実施できない場合、市政府が水務集団に補助金で補填することになっており⁴⁵、財務的な持続性に関して問題はないと考えられる。

3.5.3.3 水道料金徴収率

浄・配水場 13 カ所の水道料金徴収率は平均 93.4%である。なお徴収率自体は高いものの、多くの浄・配水場は使用量メーターを利用者の世帯内に設置しており、使用量確認に徴収員を多く要している。扶風県は、徴収率を高めるために使用量メーターを世帯外部に設置したことで、100%の徴収率を達成している。

上記の情報をもとに、本事業の維持管理に関わる財務状況については、以下のように判断した。

(1)人口移動が影響しない大規模の自動化した浄水場では黒字を維持しており、独立採算での持続性が見込める。

⁴⁴ 咸陽市の住民 (n=100) と事業者 (n=10)。

⁴⁵ 「咸陽市人民政府咸陽有限公司供水特許經營權的通知」2012 年 12 月。補助金支出の頻度は、事後評価時までに概ね 1 年に 1 回支出されていた。

(2)支出が収益を上回る約半分以上の浄・配水場についても、本業以外の収入で収支バランスが一定程度改善されている。これらの企業は、優遇税制措置を受けており、運営上の懸念はない。浄・配水場では収益改善のため、人員削減や業務の効率化を進めており、今後一定の収益の改善が期待できる。

(3)今後水道料金の値上げが見込まれており、本業部分の収益も一定程度改善が見込まれる。

(4)仮にこれらの対応が十分な効果を挙げない場合、地方政府による財政支援が事業運営上担保されている。

以上を総合的に判断すると、個別の浄・配水場レベルで自主努力による改善が今後期待できること、水道料金の値上げによる財務改善が見込めること、最終的には地方政府による補助金支援が担保されていることなどから、財務上の持続性は高いと考えられる。ただし今後も継続的に財務状況のモニタリングを行った方が良いと考える。

3.5.4 運営・維持管理の状況

現地調査で確認したところ、各浄・配水場には維持管理計画があり、計画に基づく保守・点検が実施されており、設備・施設の運営・維持管理の状況は良好である。日常の保守・点検については日・月・年で分類された維持管理記録が取られている。



図6 建屋内設置の浄水場（銅川市）



図7 配水場（白水県）



図8 緊急時水源保全（銅川市）

基本的に定期的または不定期的にパーツ交換記録がなされている。ただし、一部の浄水場において、ポンプのパッキン交換に関わる管理の記録が整理されておらず、また酸化しやすい鉄素材に対する塗装などの腐食予防が徹底されていなかった。この点について第1次現地調査時に指摘したが、第2次現地調査時には既に改善されていた。今後も、現在行われている各市・県水利局担当による浄・配水場の立ち入り検査とモニタリング報告を継続的に徹底する必要がある。

定期点検の回数や方法が書かれたマニュアルがあり、必要とされるスペアパーツは確保されている。維持管理において優れた取組みの例としては、銅川市と榆林市が実施している建屋内の浄水場設置がある。浄水場に建屋を設置することの効果は大きく、黄砂などの粉塵・砂塵対策が可能となるほか、保温効果があり、節電の効果や冬期に沈澱池などが凍り、かき回せなくなること

を防ぐ効果もある。また自動化している浄水場の精密機械の精度を守り、故障を防ぐことができる。建屋のない自動化浄水場は、藍田県、咸陽市、扶風県の浄水場である。現時点では、基本的に建屋自体の建築は、各浄水場の所属する県・市の予算で立てられている。

二酸化塩素反応による塩素消毒が浄・配水場 11 カ所で行われており、塩素ガスタンクによる塩素注入をしている浄水場が 2 カ所あった（鳳翔県、咸陽市）。塩素ガスタンクから塩素注入する施設の場合、塩素取扱いの訓練と緊急時の対応訓練が行われていた。

6 つのダムを水源とする浄水場については、渇水時、水源となる貯水池や貯水池までの河川に事後的に汚水等が異常発生した際などの緊急時の水源確保対策が取られている。咸陽、榆林、藍田、鳳翔、扶風の 5 カ所の浄水場については、以前使用していた地下水源の井戸を緊急時の水源としている。銅川市浄水場は、敷地内に貯水池を設置し、緊急時に約 3 日間給水が可能な貯水容量⁴⁶を確保している。

以上より、本事業の維持管理については、運営・維持管理の体制や技術力の維持についてとくに問題はなく、財務状況にも特段の懸念は見られない。したがって、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、陝西省 13 地方都市において、上水道設備を整備することにより、安全性の高い水の安定的供給を図り、生活環境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。給水人口、水道普及率、漏水率などの主要な運用効果指標の計画値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水供給の改善への認知度も高いことが確認されたことから、事業の有効性は高い。本事業の事業期間は時間を要しているものの、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・維持管理の体制や技術力の維持に問題がなく、一部の浄水場の財務の課題は改善の方向性に向かっていることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いといえる。

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

- ・咸陽市における給水事業と水道事業を一体化する改革が進んでいるが、給水体制の人員削減を中心としたスリム化をさらに図り、効率的運営を徹底するよう指導する。
- ・現在行われている各市・県水利局担当による浄・配水場の立ち入り検査とモニタリング報告を継続的に強化する。
- ・各浄・配水場の財務状況については、浄・配水場の半数が、支出が収入を上回っているもの

⁴⁶ 貯水容量は 8 万 m³。

の、水道料金の値上げによる財務改善が見込めること、地方政府による補助金支援が担保されていることなどから、事業運営に財務上の問題はないが、実施機関は、今後も定期的に財務に関するモニタリングを引き続き行うことが必要である。

4.2.2 運営・維持管理機関への提言

陝西省において黄砂の飛散する量は多く、浄水場の内部に蓄積して精密機材に故障が起こるばかりでなく、水質にも影響を与える。一部の浄水場では建屋を建てて、内部の浄水過程を良好に保つよう努めている。特に自動化している浄水場は、黄砂対策などを講じる必要がある。財政的に可能であれば建屋を建て、浄水場管理に役立てることが持続的な維持管理の点から望ましい。

4.2.3 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

本邦研修では、訪日した陝西省の給水関係職員が、陝西省と友好関係にある地方自治体から上水道事業の運営・維持管理の知識を学んで、自国の給水事業の改善点や課題を明確に把握し、各浄・配水場の維持管理に役立てるようになった。具体的には 本邦研修から得た知識を実践の場に生かして、各浄・配水場における水質検査の厳格な実施、料金徴収システムの改善、管路網の漏水対策、水源管理の改善を行っている。円借款事業に本邦研修を組み入れたことで、給水関係者の運営維持に関わる改善の意識に顕著な効果があった。特に、本邦研修員として、陝西省水利庁の意思決定に関わる職員、各県・市レベルの水利局職員、浄・配水場の運営維持管理の責任者と技術者が、マネジメントコースと技術コースに分かれて参加し、課題を共有する意識を持ったことが、研修員の帰国直後の改善の実践に大きく寄与した。日本の地方自治体には上水道運営管理に関わる累積した豊富な経験があり、給水事業の意思決定に関わる職員や運営・維持管理の責任者を招聘し、マネジメントと技術の2コースを分けて研修を実施することは運営・維持管理の向上に有効であることが確認された。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	(a) 咸陽市、浄水場1ヵ所 34.50 (万m ³ /d)、 導水管 73km (b) 銅川市、浄水場1ヵ所 4.00 (万m ³ /d)、 配水管 228km (c) 榆林市、浄水場1ヵ所 5.00 (万m ³ /d)、 導水管 3km、配水管 25km (d) 藍田県、浄水場1ヵ所、2.00 (万m ³ /d)、 導水管 1km、配水管 17km (e) 鳳翔県、浄水場1ヵ所、1.50 (万m ³ /d)、 導水管 24km、配水管 31m (f) 隴県、配水場1ヵ所 1.00 (万m ³ /d)、導 水管 19km、配水管 7km (g) 宝鶏県、配水場2ヵ所 2.50 (万m ³ /d)、 導水管 16km、配水管 7km、 (h) 扶風県、浄水場1ヵ所、配水場3ヵ所、 導水管 18km、配水管 43km (I) 千陽県、配水場1ヵ所 1.00 (万m ³ /d)、 導水管 5km、配水管 30km (j) 華県、配水場2ヵ所 1.90 (万 m ³ /d)、導水管 13km、配水管 24km (k) 合陽県、配水場1ヵ所 2.00 (万m ³ /d)、 配水管 22km (l) 富平県、配水場1ヵ所 3.00 (万m ³ /d)、 配水管 24km (m) 白水県、配水場2ヵ所 1.30 (万m ³ /d)、 導水管 6km、配水管 33m	計画どおり
②期間	2005年3月～2007年12月 (34ヵ月)	2005年3月～2010年6月 (63ヵ月)
③事業費		
外貨	7,700 百万円	7,699 百万円
内貨	4,930 百万円 (3.70 百万円)	4,947 百万円 (3.43 百万円)
合計	12,630 百万円	12,647 百万円
うち円借款分	7,700 百万円	7,699 百万円
換算レート	13.3 円=1 元 (2004年9月積算基準時期)	14.4 円=1 元 (2005年3月～2010年6月平均 レート)

別添1 運用・効果に関わる実績指標 (2012 年)

運用・効果に関わる実績指標 (2012 年)

	給水人口 (人) 計画	給水人口 (人) 実績	給水人口 達成状況**	日取水量 (m ³ /d)		日給水量 (m ³ /d)		一人当たり日給水量 (m ³ /d)		漏水率	水道普及率	水料金 徴収率	無収水率
				最大	平均	最大	平均	最大	平均				
合計	1,726,000*	1,455,580	△	383,613	312,748	372,697	305,010	0.256	0.210	8.7%	91%	97%	11.6%
咸陽市	757,000	600,000	△	141,000	123,163	136,200	121,136	0.227	0.202	9%	89%	99%	9.9%
銅川市	175,000	138,000	△	52,000	44,000	49,200	41,000	0.357	0.297	8%	89%	95%	12.6%
榆林市	81,000	40,000	△	42,500	23,700	41,000	23,000	1.025	0.575	6%	100%	90%	15.4%
藍田県	80,000	83,000	○	12,000	11,000	11,000	9,800	0.133	0.118	10.8%	98%	98%	12.6%
鳳翔県	66,000	68,000	○	8,066	5,038	8,050	5,027	0.118	0.074	10.5%	92%	98%	12.3%
隴県	51,000	51,277	○	10,078	8,755	10,078	8,755	0.197	0.171	8%	98%	98%	9.8%
陳倉区	121,000	85,000	△	18,000	14,000	18,000	14,000	0.212	0.165	8%	70%	97.5%	10.3%
扶風県	61,000	65,000	○	29,000	24,400	28,200	23,600	0.434	0.363	10%	96%	100%	10.0%
千陽県	32,000	32,003	○	11,469	8,192	11,469	8,192	0.358	0.256	9.3%	98%	98%	11.1%
華県	66,000	56,000	△	7,500	7,000	7,500	7,000	0.134	0.125	7%	96%	95%	11.7%
合陽県	84,000	85,000	○	15,000	14,000	15,000	14,000	0.176	0.165	10%	92%	98%	11.8%
富平県	91,000	91,300	○	20,000	18,000	20,000	18,000	0.219	0.197	8%	95%	98%	9.8%
白水県	61,000	61,000	○	17,000	11,500	17,000	11,500	0.279	0.189	9.3%	97%	96.5%	12.5%

*各浄・配水場の計画値は千人単位である。

**達成状況 計画値に達していれば○、達していなければ△これらの目標達成していない理由については、本文中で既述。

0. 要旨

本事業は、環境モデル都市である貴陽市において、汚染物質削減を図り、貴陽市の環境改善に寄与することを目的としていた。

本事業は、中国の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、事業全体の妥当性は高い。サブプロジェクトの中には、汚染物質削減に大きく貢献したものもあるが、稼働停止等の影響により、環境汚染物質の削減効果は中程度にとどまる。本事業のアウトプットの整備状況は良好とは言えず、事業費は計画内に収まったものの、事業期間は、計画を大幅に上回っているため、効率性は中程度である。本事業の効果の持続性は、解体、停止したものを除けば、貴陽ガス事業と大気質モニタリング事業に関して問題は見られず、運営・維持管理の体制や技術力の維持には概ね問題ない。移転中の貴陽鉄鋼事業については、今後の財務状況は未確定であるため、総合的に持続性は中程度である。

以上より、本プロジェクトの評価は一部課題があるといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



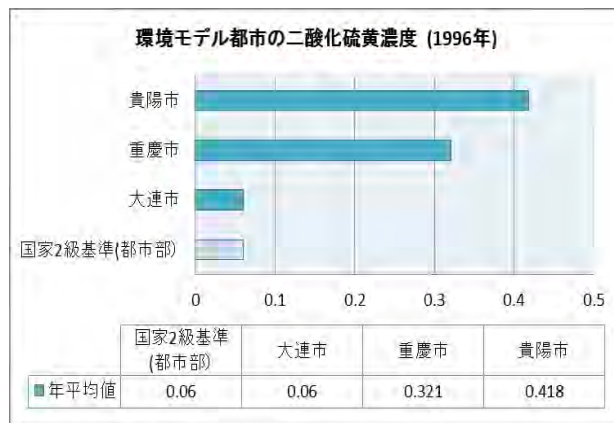
貴陽市都市ガス貯蔵タンク

1.1 事業の背景

中国では、1980年代以降順調な経済成長に伴い、工業化と人口増加によって環境汚染が進んだ。大気汚染については、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 : SO_2)、総浮遊粒子物質 (Total Suspended Particular : TSP)¹、窒素酸化物 (Nitrogen Oxide : NO_x) などの汚染が深刻であった。このような背景のもと、1997年9月、日中首脳会談にて提唱された環境モデル都市構想は、中国で深刻化する環境汚染に対して支援を行うために、大連、重慶、貴陽をモデル都市として集中的な環境対策を行い、その成功例を他の都市へ普及させることを目的とした。モデル3都市の1都市として、貴陽市は、粉じんと SO_2 対策、水質汚濁除去などの環境汚染防止対策プロジェクトを優先

¹ 総浮遊粒子物質とは、大気中に浮遊する煤じんなどの粒子状物質の総称である。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。

的かつ集中的に実施することとなった（図1は3都市の二酸化硫黄濃度を示したもの）。



出所：1999年中国環境年鑑。

図 1 環境モデル都市の大気汚染状況

1.2 事業概要

本事業は、環境モデル都市である貴陽市において、①小型石炭ボイラーなどの都市ガス化、②製鉄工場における集じん機設置とガスへの転換、③セメント工場粉じん処理設備の設置、④有機化学工場の既存ボイラー改造と酢酸製造工程の変更、⑤発電所排煙脱硫装置の設置、⑥クリーン炭生産工場の建設、を実施することにより、大気汚染物質と河川汚濁物質の削減を図り、⑦大気質自動モニタリングシステムの整備を実施することにより、大気質管理の強化を図り、もって貴陽市の環境改善に寄与することを目的とした。

円借款承諾額／実行額	第一期 6,266 百万円、第二期 8,169 百万円／ 第一期 3,979 百万円、第二期 4,200 百万円
交換公文締結／借款契約調印	第一期 2000 年 3 月 27 日、第二期 2001 年 3 月 30 日／ 第一期 2000 年 3 月 28 日、第二期 2001 年 3 月 30 日
借款契約条件	・ 金利: 0.75% ・ 返済: 40 年（うち据置 10 年） ・ 条件: 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／貴州省人民政府
貸付完了	第一期 2011 年 1 月 12 日、第二期 2011 年 1 月 27 日
本体契約(契約額 10 億円以上)	千代田化工建設（日本）
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 (Feasibility Study : F/S)等	・ 貴陽ガス増設 F/S（貴陽市煤気熱力計画設計院）1999 年 6 月、 貴陽製鉄工場大気汚染対策 F/S（北京鋼鉄設計院）1998 年 12 月、 貴州セメント工場粉じん処理 F/S（貴州建築材料科学設計院）1999 年 6 月、貴州有機化学工場 F/S（貴州化工医薬計画設計院）1999

	年 3 月、貴州有機化学工場 F/S（貴州省建築設計化学研究院）2003 年 3 月、貴州有機化学工場 F/S（貴州化工医薬规划設計院）2003 年 3 月、貴陽発電所 F/S（貴州電力設計研究院）1998 年 12 月、 林東クリーン炭工場建設 F/S（貴州第一工業設計院）2000 年 2 月 ・モニタリングシステム整備大気汚染対策（SAPROF）2000 年 2 月 ・貴陽市大気汚染対策計画調査（開発調査）2004 年
関連事業	・日中友好環境保全センタープロジェクト（フェーズⅢ：2002 年～2006 年、延長：2006 年 4 月～2008 年 3 月） ・中国・公害防止管理者制度（研修事業）

本事業は複数のサブプロジェクトで構成されるが、本事業のサブプロジェクトはさまざまな要因により、事後評価時点で稼働していないものがある。以下はサブプロジェクトの事業概要と事後評価時の状況である。

サブプロジェクト名 ²	事業概要	事後評価時の稼働状況
<第一期>		
1) 貴陽ガス増設事業	総事業費 ³ 12.9 億円 都市ガス輸送管拡張、貯蔵タンク など設置	順調に稼働
2) 貴陽製鉄工場大気汚染 対策事業	総事業費 12.2 億円 集じん機の設置、燃料の都市ガス転 換	稼働後、事後評価時一時停止：2004 年完成～2010 年まで操業。2010 年 5 月、政府令により事後評価時郊外へ の移転作業中。
3) 貴州セメント工場粉じ ん処理事業	総事業費 16.5 億円 乾式キルンの導入、集じん機の設置	数年稼働、事後評価時停止：2004 年 完成～2010 年まで操業。2010 年 5 月、政府令により稼働停止。
4) 貴州有機化学工場事業	総事業費 93.8 億円 酢酸工程の変更、ボイラー改造	中止（試運転するも稼働せず）。
<第二期>		
5) 貴陽発電所大気汚染対 策事業	総事業費 125.7 億円 発電設備の新設と排煙脱硫装置の設 置	数年稼働、事後評価時停止 2004 年完 成～2010 年まで操業。2010 年 5 月、 政府令により稼働停止。
6) モニタリングシステム 整備事業	総事業費 2.5 億円 大気質自動モニタリングシステムの 整備	順調に稼働
7) 林東クリーン炭工場建 設事業	総事業費 13.5 億円 クリーン炭生産工場の建設	完成後、稼働直後、生産停止

² 表中に記述されたサブプロジェクト名を使用して本報告書を記述する。

³ 円借実績額と中国側自己資金実績額の総額。

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）

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

本事業では、完成後に一定期間稼働し、稼働停止、移転、解体に至ったサブプロジェクトがいくつかある。また、一部のサブプロジェクトの遅延とキャンセルにより、事後評価の時期は、他のサブプロジェクトの稼働開始後7年から9年経った後となった。稼働停止したサブプロジェクトについては、完成後一定期間の稼働実績があり、その期間にもたらされた環境改善効果は貴陽市の環境改善において大きな役割を果たしているため、本事業の有効性評価には、事後評価時点の効果に加え、稼働停止したサブプロジェクトのうち、稼働していた状況における一定の有効性⁴を加味して評価を行う。



図2 サブプロジェクトの位置図

⁴ これらのサブプロジェクトについては、事後評価時の情報収集が困難であったため、「中日友好環境師範城市（貴陽）事業報告書」（貴陽市環境保護局、2006年）や2010年のプロジェクト完成時報告書などの情報に基づき、評価を実施した。

3. 評価結果（レーティング：C⁵）

3.1 妥当性（レーティング：③⁶）

3.1.1 開発政策との整合性

3.1.1.1 審査時の開発政策

1) 国家レベルの政策

第9次国家5カ年計画（1996～2000年）では、2000年に主要汚染物質総排出量を1995年レベルに抑制するという総量規制目標を掲げた。引き続き第10次国家5カ年計画（2001～2005年）において、順調な経済発展を続ける一方で大気汚染が深刻化したため、2000年比で主要汚染物質排出総量率を10%削減するとした。加えて第9次国家環境保護5カ年計画（1996～2000年）では、主要汚染物質総排出量の1995年レベルへの削減、工業汚染源における排出基準値の達成などを目標とした。政府は、1995年大気汚染対策法⁷の改正により「SO₂汚染抑制区」、「酸性雨⁸抑制区」を導入、1998年に地域を指定して重点的に汚染対策を実施した。貴陽市は両控区⁹として指定された。

続く第10次国家環境保護5カ年計画（2001～2005年）においては、環境改善を図るため、2005年にSO₂、煤じんや粉じんの排出量を2000年比で10%前後削減することを目標においた。これらの計画実施のための積極的措置として、環境モデル都市づくりを推進し、重点都市大気質モニタリング制度の構築を進めて、環境管理能力を向上することを掲げた。

2) 貴陽市の環境政策

第9次貴陽市環境関連5カ年計画（1996～2000年）では、主要な汚染物質の総排出量を1995年レベルまで削減し、工業汚染源における排出基準値を達成することなどを目標としていた。続く第10次貴陽市環境関連5カ年計画（2001～2005年）では、貴陽市総量規制計画に従い、汚染物質排出の現状や汚染防止技術レベル、生産経営状況を考慮に入れたうえで、総量規制の段階的実施計画を定めた。総量規制の執行体制の強化を図り、各区・市・県レベルの目標を明確化した。また、貴陽市を環境保全都市として、クリーナープロダクション¹⁰推進のため工業部門の生産技術の向上に力を入れ、汚染物質排出の多く古い生産方式の事業と設備を停止・廃止し、生産管理を強化してエネルギーと資源の浪費を防ぐことを目指していた。

⁵ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

⁶ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

⁷ 中国の大気汚染対策の基本的枠組みは、大気汚染対策法によって定められる。同法は、1987年に制定され、1995年、2000年に改正された。大気汚染物質の排出規制の基本は、汚染物質の排出源に対する濃度規制である。国務院は国家環境大気質基準を設定し、それを達成するため国家排出基準を定めている。地方政府は、国が未設定のものについて地方基準を定め、国家基準より厳しい地方基準を定めることもできる。

⁸ 酸性雨は、化石燃料などの燃焼で生じるSO_xやNO_xなどが大気中で反応し、硫酸や硝酸などを取り込んで発生するpHの低い雨のことをいう。雨の他に霧や雪など（湿性沈着）とガスやエアロゾルの形態で沈着するもの（乾性沈着）を全てあわせて酸性雨と呼ぶ。雨の水素イオン濃度（pH）値が5.6以下であるときに一般的に酸性雨という。

⁹ SO₂汚染抑制地区でかつ酸性雨抑制地区である地区を両控区と呼ぶ。

¹⁰ クリーナープロダクションとは、脱硫装置等の優れた技術や設備、管理技術の改善等を通じ、生産活動の過程における汚染物質の発生を抑制する取り組みの総称。2003年1月に、クリーナープロダクション促進法が施行された。

3.1.1.2 事後評価時の開発政策

1) 国家レベルの政策

政府は、第12次国家5カ年計画（2011～2015年）において、環境保護に関する取り組みを一層強化する方針を示した。その中で、大気汚染対策として主要汚染物質排出総量については、2010年比で8-10%削減を目標として掲げ、SO₂8%削減、NO_x10%削減を目指している。第12次環境保護5カ年計画（2011～2015年）では、上記の削減目標を達成するために汚染重点区域における管理の強化、循環経済発展の推進に向けた節約型社会の建設、生態環境保護の強化、大気汚染問題解決のためのエネルギー構造の調整、環境モニタリングシステムの改善が挙げられている。

2) 貴陽市の政策

第12次貴陽市環境関連5カ年計画（2011～2015年）では、主要汚染物質の排出総量を定め、循環型経済や低炭素化経済の発展を推進し、資源節約や環境保全に寄与できる生産方式の形成を図るとした。これらの総量規制に伴う対策は、第11次5カ年計画から、法律に等しい強制力を伴う拘束性目標¹¹として位置づけられ、第12次5カ年計画でも維持されている。この中で貴陽市は、生態文明モデル都市として、第12次貴陽市生態文明都市5カ年計画を立て、汚染企業の移転や廃業を指示している。

以上のことから本事業は、国家、貴陽市レベルの開発計画の中でも重点分野とされる環境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

1) 当時の貴陽市の大気汚染状況

計画時には、盆地型都市である貴陽市の中心部は、重化学工場などの石炭燃焼による大気汚染が深刻化していた。特にSO₂濃度は、都市居住地域に適用される国家大気環境2級基準を大幅に上回っていた。工場を主とするSO₂とNO_xなどにより酸性雨は年間降水量の21%を占め、貴陽市は酸性雨の都市とされていた。

表1 貴陽市の大気汚染状況（年平均濃度）（単位：mg/m³）

指標名	1995	1996	1997	1998	国家2級基準
SO ₂	0.42	0.42	0.37	0.35	0.06
NO _x	0.047	0.045	0.033	0.031	0.05
TSP ¹²	0.35	0.37	0.33	0.30	0.20

出所：JICA 審査時資料。

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

¹² TSPの基準は1999年まで適用。

表2 汚染源付近の小学校におけるPM10測定¹³結果

	PM10 (小学校)	備考
南郊小学校	2235	貴陽製鉄工場付近
大慈小学校	1477	貴州発電所付近
玉田小学校	846	貴陽駅付近

出所：JICA 提供資料。

事業対象のサブプロジェクトの工場、特に貴陽製鉄工場、貴州セメント工場、貴州有機化学工場は、貴陽市の中でも国から重点大気汚染源とされ、企業内環境と周辺環境に深刻な汚染をもたらしていた。また当時、貴陽市の大気汚染観測手段は手動による化学ラボ分析であったため、サンプリング頻度も少なく、貴陽市としての汚染物質総量と位置的情報や汚染源との相関性の分析が不十分で、環境規制による汚染源の管理ができなかった。

大気汚染防止法により、貴陽市は47の全国重点都市の一つに指定され、酸性雨コントロール区域に指定されたため、措置が求められていた。本事業の計画は、これらのニーズに応えるために実施されたもので、対策の必要性は高かった。

2) サブプロジェクトの経緯

本事業で実施されたサブプロジェクトの稼働状況については、以下の3つの類型に分類される。報告書冒頭の概要表で述べたとおり、本事業のサブプロジェクト7件のうち4件は、事後評価時点で稼働していない。

類型1：完成後継続的に稼働しているサブプロジェクト 3件¹⁴

対象事業： 貴陽ガス増設事業、貴陽製鉄工場大気汚染対策事業、モニタリングシステム整備事業

類型2：完成後5-6年間の稼働後、停止したサブプロジェクト 2件

対象事業：貴州セメント工場粉じん処理事業、貴陽発電所大気汚染対策事業

類型3：中止、または稼働直後、生産停止したサブプロジェクト 2件

対象事業：貴州有機化学工場事業、林東クリーン炭工場建設事業

このような状態に至った背景としては、事業開始から事後評価時までの間に生じた環境政策の厳格化と市場ニーズの変化への対応の2点があげられる。

1.政策環境の変化

中国政府では上述の国家開発計画の目標達成のため、環境基準の厳格化を進め、基準を満たすことのできない汚染源の工場の強制閉鎖や稼働停止、郊外への移転等を推進した。特に2006年の大気汚染防止条例により、汚染源となる工場の閉鎖や移転が拘束性の高いものとなった。

¹³ PM₁₀とは、空気動力学径10μmにおいて捕集効率が50%（50%カットオフ粒径が10μm）となる粒子である。援助効果促進調査団がPM₁₀を測定した。中国はこの時点で大気質観測をTSPで測っていた。

¹⁴ このうち製鉄工場については、移転に伴い一時停止中だが、移転後再稼働予定のため、稼働中と分類した。

本事業のうち特に類型 2 のサブプロジェクトについては、これらの背景の中、完成後一定期間は順調に稼働し、環境改善効果をあげたものの、その後稼働停止した。類型 3 については、林東クリーン炭工場は、政府による環境規制強化のため、生産できる施設が稼働できるようになったものの、本格生産することなく稼働することができなくなった。

2.市場ニーズの変化への対応

類型 3 の 2 事業については、上記政策環境の変化に加え、対象工場の生産物に対する市場ニーズの変化（減少、消失）が重なり、完成後一定期間稼働し、または完成後稼働することなく停止することになった。個別の経緯は以下の通り。

表 3 稼働停止に至る経緯

サブプロジェクト名	稼働停止に至る経緯
林東クリーン炭工場建設事業	工場は完成したものの、政府による規制強化の中で、クリーン炭の硫黄含有制限が 1%以下となり、導入された技術ではこの要件を満たすことができなくなり、生産に至ることなく停止した。
貴州有機化学工場事業	中国環境政策強化に対応するため、廃棄施設の追加設備等の設置が大幅に遅れた。設備が完成するも、種々の技術的な要因により試運転が中断。試運転再開のためには補修・化学薬品購入等のための多額の費用が必要になったが、事業遅延中（2011 年）、酢酸は廉価で生産や調達可能となり本事業を完成させる経済的合理性がなくなり、中止となった。

事業計画段階において、他の工場の淘汰や規制強化や市場ニーズを見据えた中長期の持続性（計画時に予見が可能であったかどうか）については、実施機関と関係者への聞き取り結果によれば、プロジェクトの立案に携わった日中の関係者が計画時に予見できた可能性は極めて低い。経済財務、経営体質の診断と今後の体制改革に対応しうる国営企業運営であったかについても、日中関係者に確認する限り、計画時に必要とされる適切な詳細調査がなされたという回答を得た。

また、事業実施過程において、市場ニーズの変化、環境政策の厳格化に対応して、日本側からも、他の技術協力プロジェクトと連携し、モデル 3 都市の巡回指導、3 都市の市環境保護局等に対する環境改善の実施促進をするための助言、貴陽市大気汚染対策計画調査（2003 年）等を実施し、変化する状況に対する側面的支援がなされた経緯がある。このように、本事業の計画時及び事業実施過程におけるサブプロジェクトの選定や政策環境の変化については、日中双方の関係者が十分な検討・対応を行ったといえる。

一方で、上述の通り、本事業を構成するいくつかのサブプロジェクトについては、本来想定されたニーズや技術との整合性に変化が生じ、期待された役割を果たすことなく終了したものがある。特に本事業のような環境対策案件では、計画時に予見できなかった急速な政策環境の変化や技術革新、それに伴うサブプロジェクトの実施への多大な影響といった点について、計画時から事業実施に係るリスクとして捉えておく必要があり、今後、中国のように急速に発展する後発国、新興国における環境対策案件への教訓となる部分がある。

ただし、有効性の項で後述するが、事業実施直後の一定期間において、これらの対策を通じて大きな大気汚染物質削減の効果が上がっており、これらの結果を踏まえて、当時のサブプロジェクト選定にはニーズとの整合性の観点からは、一定の妥当性があると評価する。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

計画時、JICA は、環境援助を海外経済協力業務実施方針における対中国円借款の重点 3 分野の 1 つとしている。国別業務実施方針においても、中国の環境問題は地球規模的問題と位置づけられ、焦眉の急と認識され、大気汚染対策などを通じた支援を重点的に進めるとしていた。

日本は、円借款支援による環境モデル都市事業をはじめとする総合的環境改善事業など、中国の環境改善に貢献する様々な先行経験を持ち、大気汚染対策分野の技術的優位性の観点からも支援の妥当性は高い。

以上より、本事業の実施は、中国の開発政策、日本の援助政策とも十分に合致している。対象事業が選定された緊急性が高く、開発ニーズは喫緊の対応を求めるものであり、全体の妥当性は高い。

3.2 有効性¹⁵（レーティング：②）

3.2.1 定量的効果

3.2.1.1 運用効果指標

妥当性の項で述べたとおり、本事業は、その稼働状況に応じて以下の 3 種に大別される。

類型 1：完成後事後評価時点まで継続的に稼働しているサブプロジェクト 3 件

対象事業：貴陽ガス増設事業、貴陽製鉄工場大気汚染対策事業、モニタリングシステム整備事業

類型 2：完成後 5-6 年間の稼働後、停止したサブプロジェクト 2 件

対象事業：貴州セメント工場粉じん処理事業、貴陽発電所大気汚染対策事業

類型 3：中止、または稼働直後、生産停止したサブプロジェクト 2 件

対象事業：貴州有機化学工場事業、林東クリーン炭工場建設事業

本事業の有効性は、事業実施から事後評価時点（2013 年）までのサブプロジェクトの効果を、計画と事後評価時の実績で比較することで評価する。上記の通り、本事業のサブプロジェクトのうち、現在稼働するものは 7 件中 3 件にとどまることから、事後評価時点の効果の発現状況だけを判断すると、本事業の効果の発現状況は低いと言わざるを得ない。ただし類型 2 のように、完成後一定期間稼働していたサブプロジェクトは、その期間中、貴陽市の大気環境改善において大きな効果を挙げていたことが確認されている。本事業の目的は「貴陽市の大気環境改善」にあり、事後評価時点で稼働していないサブプロジェクトについても、事業実施から事後評価時点まで（2000～2013 年）の間、貴陽市の大気環境改善にもたらした効果について、一定

¹⁵ 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。

の評価をする必要がある。類型ごとの分析手法は以下の通り。

類型 1 については、稼働状況時から事後評価時までの稼働状況について、入手可能なデータをもとに評価する。類型 2 についてはすでに稼働停止しており、詳細なデータは事後評価時点で確認できなかったため、貴陽市環境保護局が 2006 年に作成した事業報告書¹⁶⁾に基づき評価を行う。具体的には、モニタリング指標記録のある稼働状況時（2005 年）の計画・実績を比較し、効果の発現状況を確認したうえで、稼働期間の長さをもとに、これまでの貴陽市の大気環境改善への貢献度を評価する。類型 3 については、稼働実績がないもの、稼働直後本格生産に至らなかったものもあることから、有効性は認められないと結論付ける。最後に事業全体の評価は、各類型の効果の発現状況と、効果の発現期間を合わせて総合的に判断する。

下の表 4 は、2006 年に作成された事業報告書に基づき、各類型の効果の 2005 年時点の実績を分析したものである。

表 4 サブプロジェクトごとの大気汚染削減（2005 年時）

指標名	排出 基準値 (1999 年)	削減目標値 ①	削減実績値 (2005 年) ②	目標/実績 計画比①/②
<類型 1>				
貴陽ガス増設				
SO ₂ 排出量	1.85 万トン/年	1.82 万トン/年	1.84 万トン/年	101%
煤・粉じん排出量	0.98 万トン/年	0.91 トン/年	0.97 万トン/年	106%
貴陽製鉄工場大気汚染対策¹⁷⁾				
SO ₂ 排出量	1.12 万トン/年	0.85 万トン/年	0.96 万トン/年	113%
煤・粉じん排出量	0.46 万トン/年	0.45 万トン/年	0.43 万トン/年	95%
<類型 2>				
貴州セメント工場粉じん処理				
SO ₂ 排出量	0.47 万トン/年	0.39 万トン/年	0.40 万トン/年	103%
煤・粉じん排出量	1.00 万トン/年	0.94 万トン/年	0.96 万トン/年	102%
貴陽発電所				
SO ₂ 排出量	11 万トン	10.28 万トン/年	10 万トン/年	97%
煤・粉じん排出量	3.59 万トン	3.3 万トン/年	3.4 万トン/年	103%
<類型 3 >				
有機化学工場¹⁸⁾				
SO ₂ 排出量	該当せず	0.36 トン/年	0 トン/年	0%
煤・粉じん排出量	該当せず	0.53 トン/年	0 トン/年	0%
林東クリーン炭工場建設				
SO ₂ 排出量	該当せず	2.65 万トン/年	0 トン/年	0%
煤・粉じん排出量	該当せず	1.47 万トン/年	0 トン/年	0%

出所：質問票回答、2006 年中日友好環境師範城市(貴陽)事業、聞き取り調査結果。

以上からわかる通り、類型 1-2 とも、この時点での効果はほぼ計画通り発現しており、良好と評価できる。一方、各サブプロジェクトの事後評価時点までの効果の発現状況は、これまで

¹⁶⁾ 中日友好環境師範城市（貴陽）事業報告書 2006 年。

¹⁷⁾ 製鉄工場については、2010 年まで稼働していたものの、街の中心部にあるため政府による生産制限令があり、間引き運転であったため、2005 年の数値で評価する。

¹⁸⁾ 酢酸製造過程の変更による水銀除去が主な目的であったが、石炭燃料からコークスガスへと転換する施設も含んでおり、微小な効果であるものの、大気汚染削減の効果も期待されていた。

述べてきたような政策・環境変化に伴い、以下のような状況となっている。

表 5 時系列の稼働状況

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
類型1	貴陽ガス増設事業	ほぼ計画通り稼働								
	貴陽製鉄工場大気汚染対策事業	ほぼ計画通り稼働								
	モニタリングシステム整備事業	ほぼ計画通り稼働								
類型2	貴州セメント工場粉じん処理事業	ほぼ計画通り稼働							稼働停止	
	貴陽発電所大気汚染対策事業	ほぼ計画通り稼働							稼働停止	
類型3	貴州有機化学工場事業	稼働せず								
	林東クリーン炭工場建設事業	稼働せず								
	ほぼ計画通り稼働、効果を挙げている									
	外部環境の変化により、効果が半分程度にとどまるもの									

以下、各類型の現在までの状況を詳しく見ていく。

類型1：完成後、継続稼働

1) 貴陽ガス増設事業

主に貴陽ガス増設事業は、表 6 のように、目標とされていた世帯数と使用者数を目標年度に達成し、図 3 が示すように都市ガス供給面積も順調に増加している。実施機関関係者へのインタビュー結果によれば、事後評価時点の稼働状況も引き続き良好で、表 4 で述べた大気汚染物質の削減効果を上回る規模で達成している。

表 6 貴陽ガス増設による運用効果目標

指標名	目標値 (2005 年)	実績値 (2005 年)	事後評価時 (2012 年)
ガス供給世帯数*	28.71 万世帯	29.24 万世帯	60.37 世帯
ガス使用者数	100.51 万人	102.35 万人	211.29 万人
SO ₂ 排出量	265.5 トン/年	31.41 トン/年	62.02 トン/年
媒・粉じん排出量	770.5 トン/年	6.91 トン/年	13.82 トン/年

出所：貴陽ガスからの質問票回答。

図 3 では、事後評価時点までのガス供給面積の伸びを示している。2012 年時点の供給面積は約 600,000m³に達しており、2005 年当時からはほぼ倍増している。これは、貴陽市の都市開発が進み、人口や経済規模の増加に伴う需要の伸びによるものと考えられる。



出所：貴陽ガスからの質問票回答。

図3 貴陽市都市ガス供給面積の経年変化

仮に事後評価時点の供給面積に対する熱供給を、仮に事業実施前の旧式設備で実施していた場合、大量の汚染物質が排出されていたものと考えられる。貴陽ガス増設事業については、当初の想定を超える効果を挙げているものと評価できる。

2) 貴陽製鉄工場大気汚染対策事業

貴陽製鉄工場大気汚染対策事業の貴陽製鉄工場は、汚染源として周囲に粉じん・煤じんの負の影響を与えていたが、SO₂、煤じんと粉じんについては、目標年度（2005 年）には目標値以上の削減効果を達成している。本事業が目標以上の効果を達成していた期間は 4 年間だが、この当時の貴陽市の大気汚染状況は非常に深刻で、本事業がその改善に及ぼした影響を考えると、その効果は高かったと評価できる。政府による生産制限令を受けて、しばらく間引き運転をしていた製鉄工場は、本事後評価現地調査時には、別の土地への移転作業を進めており、移転を完了した一部のラインについては稼働を再開したばかりであった。

表7 貴陽製鉄工場大気汚染対策による運用効果目標

指標名	基準値 (1999 年)	実績値 (2005 年)	現在の稼働状況
稼働率	89.6%	96.3%	移転のため停止
製鋼1 トン当たり石炭使用量	506kg	367kg	移転のため停止

出所：事業完了時報告書回答、鉄鋼工場質問票回答、現地調査聞き取り結果。



図4 貴陽製鉄工場周辺の大気汚染
(事業実施前)



図5 貴陽製鉄工場の周辺
(事業実施後)

出所：中日友好環境師範城市（貴陽）事業報告書 2006 年。

なお製鉄工場の関係者によれば、移転の際には、本事業で導入された設備も活用される見込みであることが確認された。以上から、本サブプロジェクトについては、操業再開後は期待された大気汚染物質の削減効果を挙げる事が期待される。

3) モニタリングシステム整備事業

モニタリングシステム整備事業の実施により、モニタリング能力の質量両面での強化が達成されたことに加え、副次的な効果として、正確な情報の提供による適切な政策、意思決定への貢献、市民に対する情報提供の推進などが挙げられる。

具体的な成果としては、主要汚染物質の常時観測が可能となり、従来の手動サンプリングのラボ化学分析から、自動化・効率化された大気質モニタリング体制が整備されたことなどがある。主なモニタリングの項目は、SO₂、TSP/PM₁₀、NO/NO₂、CO、O₃で、これらの整備により、以下の事柄が可能となった。

- ・環境管理センターから遠隔操作した24時間無人オンラインモニタリング
- ・環境因子モニタリング濃度分析
- ・汚染源排出の時間帯ごとの分布、日単位の変化パターンのデータ化
- ・気象パラメーターを反映させた汚染状況の分析

この他の副次的効果として、大気質モニタリング観測所で汚染データが計測されるようになったことで、2008年からラジオやテレビなどのマスメディアを通して大気汚染指数と大気汚染予報が発表されるようになった。他の大気汚染対策宣伝部局による市民への広報活動もあり、市民の大気汚染に対する意識が高まった。

以上のように、類型1については、貴陽製鉄工場を除き概ね計画どおり、またはそれ以上の効果を発現しており、有効性は高い。

類型2：完成後5-6年間の稼働後、停止

表4が示すように、貴州セメント工場粉じん処理事業、貴陽発電所大気汚染対策事業はそれぞれ、稼働時の大気汚染物質削減率は、計画以上の効果をあげている。特に貴陽発電所は新設発電設備と排煙脱硫装置の設置をしたため、最も汚染物質削減に貢献している。



図6 貴州セメントの大気汚染
(事業実施前)



図7 貴州セメントの新発電設備
(事業実施後)

出所：中日友好環境師範城市（貴陽）事業報告書 2006 年、セメント工場関係者提供写真。

当時の貴陽市の汚染物質の排出量の中で、2005 年当時稼働していたサブプロジェクトの汚染物質の削減量が占める割合は以下の通り。SO₂ に関しては、貴陽市全体の総量の約 3 分の 1 の削減、煤じんと粉じんに関しては計画時排出量の 63%削減に寄与している。これらのデータは、2005 年当時の本事業が果たしていた役割の大きさを示すものといえる。

表 8 貴陽市の全体大気汚染物質削減量と本事業による削減量

項目	貴陽市排出総量 (1999 年)	本事業による削減量 (2005 年)	本事業による削減 貢献度
SO ₂	42.8 万トン	13.20 万トン	31%削減
煤・粉じん	9.2 万トン	5.76 万トン	63%削減

上記から明らかなように、本事業完成直後の時点において、本事業は高い効果をあげたものの、これらのサブプロジェクトの稼働期間は約 5～6 年間と限定的だった。本事業に投入された事業費の規模や期間を考慮すると、数年間の効果発現は十分な成果とは言えないが、本事業実施当時の汚染源対策の緊急性が非常に高く、実施直後にもたらした効果には相応の意義があったものと考えられる。これらを総合的に評価し、類型 2 については中程度の効果と評価する。

類型 3：中止、または稼働直後、生産停止

有機化学工場と林東クリーン炭工場は、効果を発現していない。貴州有機化学工場は、酢酸プラントが稼働しなかったため、水銀など¹⁹の水質汚濁物質を削減した生産には至らなかった。従来の水銀法による酢酸製造ラインは本事業実施時に停止され、事後評価時にも水銀は排出されていない。類型 3 については、効果が生じていない。

以上から、類型ごとの有効性はそれぞれ以下のように評価できる。

表 9 類型ごとの有効性判断

類型	効果
類型 1：稼働中	計画どおりまたはそれ以上の効果を発現
類型 2：完成後 5-6 年のみ稼働	当時の環境改善への効果は高いが、稼働期間が数年であることから、投じた費用の大きさも加味すると、効果は中程度にとどまる
類型 3：中止、または稼働の実績なし	中止、または稼働の実績がないため、効果は認められず、有効性はないものと評価する

¹⁹ 排水処理の際に、COD（Chemical Oxygen Demand: 化学的酸素要求量）削減も期待されていた。

事業開始から事後評価時点までの事業全体の有効性は以下のように評価する。

1) 事業完成後数年間の効果は高いが、事後評価時点での効果は半分程度にとどまる。事後評価時点で稼働しているサブプロジェクトは7件中3件と半分に満たないことから、今後期待できる効果も半分以下にとどまり、事後評価時点での効果は低いと考えられる。

2) 一方で、事業完成後数年間の大気汚染物質の削減効果は高く、まだ中国政府による汚染源対策が本格化する前の時期において、これらの効果がもたらした効果は、発現期間は短かったものの、高い効果を挙げていたと評価できる。

これらの状況を総合的に判断して、本事業の有効性は中程度の効果と評価する。

3.2.2 定性的効果

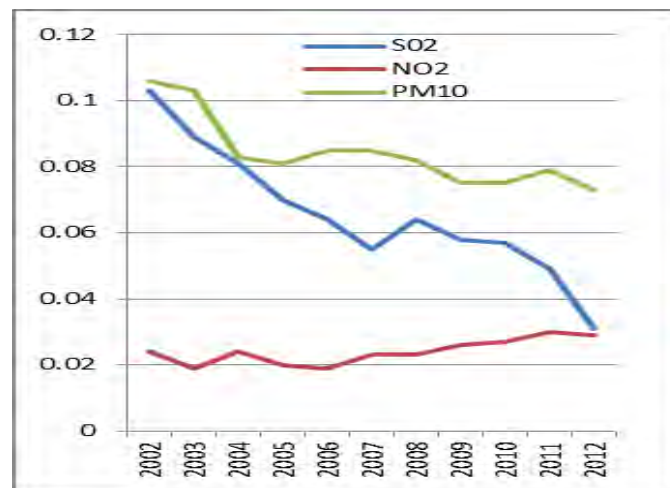
定性的効果については、インパクトの発現と密接な関係性があるため、インパクトの箇所にてまとめる。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

1) 貴陽市大気汚染の変化

貴陽市大気質モニタリング観測所提供の大気汚染濃度経年データによれば、図8のようにSO₂は、年々減少傾向にある。TSPについては、2002年からPM10で計測されるようになり、PM10で見た場合、やや減少傾向にある。NO₂は増加傾向にある。石炭燃焼量減少の効果と自動車等の移動発生源の増加による影響が相殺されているものと考えられる。



出所：貴陽市モニタリング観測所提供データ。

図8 貴陽市大気汚染濃度の経年データ

2) 都市生活環境の改善

受益者調査²⁰の結果によると、大気汚染対策の効果と生活環境の改善が貴陽製鉄工場周辺にお

²⁰ 製鉄工場周辺に事業前から住む住民を対象に調査。対象者は、調査対象地域を貴陽製鉄工場の大気汚染の影響を受

いて確認された。複数回答によれば、「窓を開けられるようになった」86%、「洗濯物の外干しができるようになった」68%、「目やのどの痛みが軽減された」30%、「マスクやサングラスをする回数が減った」24%、「わからない」0%である。

表 10 は、事前の貴陽市における大気汚染関連疾病調査の結果であるが、事前の調査と比較するとサンプル数は少ないものの受益者調査を行った。表 11 がその結果である。事後評価時点においても広域にわたる大気汚染は盆地の貴陽市に生じているものの、本事業により大気汚染による市民への健康被害が軽減されたと判断できる。

表 10 呼吸器系疾病による入院・状況
(単位1人1年あたり)

	市街地 南明区・雲岩区	郊外 朱昌鎮
呼吸器系入院日数	00021	00013
呼吸器系受診回数	04600	00445

出所：JICA 提供資料

注：このサンプル数は1021で今回の受益者調査と比較すると調査の規模が異なる。

表 11 製鉄工場大気汚染改善による効果（複数回答）

	%
気管支系の疾患や問題が軽減された (咳の回数が少なくなったなど)	34

出所：受益者調査結果。



出所：受益者調査結果。

図 9 貴陽製鉄工場からの大気汚染の改善

3) 周辺地域の開発への影響

貴陽製鋼工場大気汚染対策事業や貴州セメント工場粉じん処理事業や発電所大気汚染対策事業により、貴陽市内の煤じんや粉じんの問題が解消されてから、近隣地域における宅地開発が促進された。実施機関によれば、これらの事業の工場が、市街中心部の南明河地域に隣接しているため、南明河の公園整備と緑化が進み、市民の憩いの場が形成されるきっかけとなった。

けていた地域に、事業前から居住する地域住民のうち 50 人をランダムに抽出した。

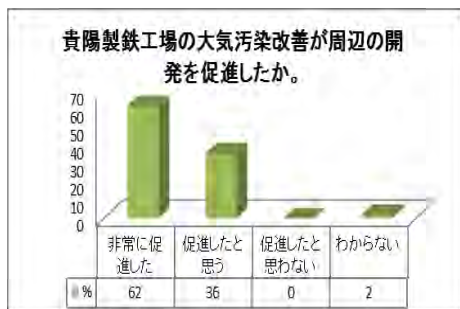


図 10 製鉄工場からの大気汚染削減による周辺地域開発への影響

出所：受益者調査結果。



図 11 事後評価時の南明河²¹付近

この他、貴陽市製鉄工場関係者によれば、市内の大気汚染が改善されたことにより、貴陽市の重要歴史建造物である甲秀楼、観音庵の酸性雨²²による腐食が抑えられ、一定の保護効果を得られたとされる。

4) 世帯内環境への影響

事業前には、都市ガスが普及していない世帯では、炭や練炭を使用していた。本事業による都市ガスの普及により、一酸化炭素中毒も減少し、煤や使用後の灰で汚れていた室内もきれいになった。貴陽ガスの調査結果によれば、炭や練炭などの石炭使用世帯内のPM10が130.0石炭使用世帯であるのに対して、都市ガス化した世帯は68.2(μg/m³)と低くなっており、世帯内の環境改善にも寄与している。

5) 労働環境の改善

貴陽製鉄工場と貴州セメント工場の労働環境（衛生状況・構内排気状況）が煤じんや粉じんの減少により改善された²³。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト

負のインパクトはなかったが、貴陽市市街地では、煤じんや粉じんが減り、街路樹などの葉も灰色から緑色になったなど²⁴、自然環境への正の影響は認められる。

環境影響評価（EIA）の結果に従い、環境負荷の軽減措置が取られたかどうかは確認できなかった²⁵。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

用地取得は、林東クリーン炭工場建設事業のみ3.7kmの鉄道敷設用地が必要とされた。面積

²¹ 貴陽製鉄工場、貴州セメント工場が南明河周辺に位置していたため、大気汚染対策の影響を事業前に最も受けていた。

²² 貴陽製鉄工場の質問票回答。近年では、pH5.6以下の酸性雨は、2010年以前と2010年以降の観測地点が異なるため、適格な時系列変化を示すような観測データは得られていない（貴陽市モニタリング観測所）。

²³ 貴陽製鉄工場と貴州セメント工場による質問票回答。

²⁴ 貴州セメント工場と貴陽鉄鋼工場関係者への聞き取り調査結果。

²⁵ 既に時間が経っているため、工事中に関与した関係者からの情報入手が不可能であった。

と取得価格と取得方法については関係者不在により確認できず、その他の事業について用地取得は発生していない。サブプロジェクト関係者への聞き取り結果から、住民移転もなかったと判断される。

有効性判断については、稼働しているサブプロジェクト、一定期間稼働したサブプロジェクトの効果は目標値に達し、指標以外の効果やプラスのインパクトも確認された。一部事業が稼働に至らなかったことや、または稼働したもの、一定期間であったため、効果が限定的であったことを含めると、有効性・インパクトは中程度と判断される。

3.4 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット

本事業のアウトプットの計画と実績、変更の経緯を表 12 にまとめる。

表 12 アウトプット（計画と実績）

	計画	実績と変更理由
1) 貴陽ガス増設	・都市ガス貯蔵タンク 1 基 10 万 m³ と加圧施設（外貨分）建設 ・都市ガス貯蔵タンク 1 基 5 万 m³（内貨分）と加圧施設 ・供給パイプライン拡張約 172.1km（そのうち外貨分 144k.5m、内貨分 27.6km）	・都市ガス貯蔵タンク 1 基 10 万 m³（外貨分）と加圧施設（内貨分）建設 ・都市ガス貯蔵タンク 1 基 5 万 m³（内貨分）と加圧施設（内貨分） ・供給パイプライン拡張約 172.1km（そのうち外貨分 144k.5m、内貨分 27.6km） スコープに変更はない。
2) 貴陽製鉄工場大気汚染対策	・20 トン電気炉 2 基、30 トン精製炉 1 基へ集じんシステムの設置 ・ガス発生炉（7 基）の建設 ・加熱炉（16 基）のガス転換 ・既存ボイラー（10 トン×2 基）の脱硫 ・発生源モニタリング機器の設置	・30 トン精製炉 1 基へ集じんシステムの設置（外貨） ・ガス発生炉（7 基）の建設（外貨） ・加熱炉（16 基）のガス転換（内貨） ・既存ボイラー（10 トン×2 基）の脱硫（外貨） ・発生源モニタリング機器の設置（外貨） 20 トン電気炉 2 基は各炉に 3 カ所の煤じん排出箇所があり、集じんすることが不可能なため、集じんシステムが設置されなかった。
3) 貴州セメント工場粉じん処理	・φ3.5×54m 湿式研削乾式焼成予分分解キルン ・4 台の旧式φの旧式φ式焼成予の湿式ロータリーキルン生産ライン、30m²縦型電気集じん装置の解体 ・120m²横型電気集塵装置 1 台の設置 ・DXC（B）マルチサイクロン集塵装置（アウトレットの冷却器用） ・MDC 防燥型集塵装置の設置（石炭粉砕システム用）	・φ3.5×54m 湿式研削乾式焼成予分分解キルンシステム一式の設置 ・4 台の旧式φの旧式φ式焼成予の湿式ロータリーキルン生産ライン、30m²縦型電気集じん装置の解体 ・120m²横型電気集じん装置 1 台の設置 ・DXC（B）マルチサイクロン集じん装置（アウトレットの冷却器用） ・MDC 防燥型集塵装置の設置 変更として、排水処理システムの増設、既存キルンに集塵施設の設置が追加された。旧施設を継続使用するために必要とされた。

	計画	実績と変更理由
4) 貴州有機化学工場	・石炭ガス化装置 (8 万トン/年) (内貨分) ・CO 純化装置 (2 万トン/年) (内貨分) ・合成メタノール装置 (3 万トン/年) (内貨分) ・カルボニ化の酢酸プラント (36,000 トン/年) の建設 ・廃水処理施設 (200m³/h) の建設 ・既存ボイラー (5 基) の改造 ・汚染源モニタリング機器の設置	・石炭ガス化装置 (8 万トン/年) (内貨分) ・CO 純化装置 (2 万トン/年) (内貨分) ・合成メタノール装置 (3 万トン/年) (内貨分) ・カルボニ化の酢酸プラント (36,000 トン/年) の建設 ・排水処理施設 (200m³/h) の建設 ・既存ボイラー (5 基) の改造(20 トン/h) ・汚染源モニタリング機器の設置 以下のスコープが追加された。 ・既存ボイラーの媒じん・スラグ/排水対策 (35 トン/h×4、75 トン/h×1) ・セメント生産工程の技術改造 (2,500 トン/d) 乾式ロータリーキルン方式を導入、アセチレン生産装置で発生したスラグ、ボイラーからの石灰炭などを再利用するセメント生産有機廃水処理施設 (4,800m³/d) ・水銀汚染対策事業 (旧酢酸製造工場の解体・水銀除去と排水路 3.17km) 追加スコープの理由は、中国の三廃 (廃水、廃棄物、大気汚染) 総量規制政策と貴陽市の飲料水水源水質規制政策に基づいて措置を講じる必要性が生じたためである。
5) 貴陽発電所大気汚染対策	・新設 200MW 発電設備 (旧式設備の廃棄) と既存 200MW 発電設備への排煙脱硫装置の設置	・200MW 発電設備の建設 ・新設 200MW 発電設備と既存設備への排煙脱硫装置の設置
6) モニタリングシステム整備	・一般大気質自動観測サブステーション (測定箇所: 13 カ所) ・メインステーション一カ所 ・通信システム品質保証実験室 1 部屋 ・システム支援実験室 1 部屋	・一般大気質自動観測サブステーション (測定箇所: 8 カ所) の整備 ・メインステーション一カ所 ・通信システム品質保証実験室 1 部屋 ・システム支援実験室 1 部屋 サブステーション設置数が 13 カ所から 8 カ所へ変更した理由は、貴陽市が盆地型都市であり、盆地内の観測を優先し、2000 年から建設された開発新区や郊外に位置する市におけるサブステーションは、人員が整い次第、内貨で整備されることとなった。
7) 林東クリーン炭工場建設	クリーン炭生産 2 工場 (処理量 50 万トン/年) 建設	・クリーン炭生産 1 工場 (処理量 50 万トン/年) 建設 クリーン炭工場が 2 工場から 1 工場となった理由は、炭鉱鉱山が環境配慮を理由に省令により休鉱したため、資機材は調達されたものの、1 工場は建設されなかった。

出所: JICA 提供資料、質問票回答。

3.1.2 開発ニーズとの整合性の項で述べたとおり、上記アウトプット 7 件のうち、4 件については完成直後または完成後 5-6 年間の稼働を経て、現在は稼働停止している。このため、現時点の利用状況を踏まえると、本事業のアウトプットの整備状況は、投入された事業費と期間に対し、期待された状況を達成したとは言えない。ただし、稼働停止したアウトプットのうち 2 件については、事業完成後 5-6 年間にわたり機能を発揮し、当時の環境汚染対策においても重要な役割を

果たしており、総合評価に際しては、この点を考慮する必要がある。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

第一期と第二期を合わせた本事業の計画の総事業費は28,639百万円、うち外貨14,435百万円、内貨1,028百万円である。事業費のうち、円借款対象となるのは外貨分の全額である14,435百万円である²⁶。

本事業の実績の総事業費は27,757百万円、うち外貨8,180百万円、内貨1,391百万円である。事業費のうち、円借款対象となるのは外貨分の全額である8,180百万円である²⁷。貴陽発電所については、東部への電力供給政策に合わせて、事業を速やかに行う必要が生じたため、中国政府による資金のみで実施された。

総事業費の実績は計画比96%である。事業費が計画より下回ったのは、内貨分に回されたスコープがあり、製鉄関連、ガス輸配送事業では、資材が高騰する以前に調達を完了したため、内貨分の支出を抑えることができたためである。

3.4.2.2 事業期間²⁸

本事業は、2000年3月から2003年12月までの46カ月が計画の期間であったが、実績では、2000年3月から2012年10月まで152カ月を要した（対計画比330%）。

²⁶ 換算レートは、第一期為替レート：1元＝15円、第二期為替レート：1元＝13円である。

²⁷ 換算レートは、第一期については、2000年3月-2004年8月の平均レートを使用し、1元＝14.166円、第二期については、2001年3月-2005年4月間の平均レートを使用し、1元＝14.133円。有機化学工場のレートは、2001年3月-2012年10月間の平均レートを使用。1元＝13.939円で換算した。

²⁸ 事業開始時期は借款契約締結月、完了定義は基本的に試運転開始時とする。

表 13 事業期間

サブプロジェクト	計画	実績と遅延の理由
1) 貴陽ガス増設	2000 年 3 月-2003 年 6 月 (3 年 4 カ月 : 40 カ月)	2000 年 3 月-2003 年 12 月 (3 年 10 カ月 : 46 カ月) 貴陽市の都市計画に従い供給パイプラインのルート変更の必要性が生じたため、若干時間を要した。
2) 貴陽製鉄工場大気汚染対策	2000 年 3 月-2001 年 6 月 (1 年 6 カ月 : 16 カ月)	2000 年 3 月-2004 年 8 月 (4 年 6 カ月 : 48 カ月) 設計に関わる建設事業施工許可証の承認に時間がかかったため、着工が遅延された。2002 年に着工を開始。
3) 貴州セメント工場粉じん処理	2000 年 3 月-2001 年 10 月 (1 年 8 カ月 : 20 カ月)	2000 年 3 月-2004 年 5 月 (4 年 3 カ月 : 51 カ月) 集じん装置の増設に時間を要した。
4) 貴州有機化学工場	2000 年 3 月-2002 年 6 月 (2 年 4 カ月 : 28 カ月)	2000 年 3 月-2012 年 10 月 ²⁹ (12 年 8 カ月 : 152 カ月) 本サブプロジェクトの基礎設計の実施や契約交渉の過程で、資機材価格の高騰等の影響を受けたため、中国側自己資金手当てを増額する必要性が生じ、一部のスコープ縮小変更等に係る手続きに時間を要した。その後、国の環境基準変更の影響により、当該酢酸プラントの排水基準が厳格化されたため、プラントの一部の変更が必要となり、それに伴う設計変更の実施、関連承認手続きに時間を要したことから、酢酸プラント本体の工事は、2007 年に開始され、2009 年 6 月に完成、試運転の準備に入った。2009 年 7 月に試運転を開始したものの、種々の技術的要因により試運転が中断。契約中止の大きな理由は、試運転を再開させるためには、補修や化学薬品購入等のため多額の費用が必要となるが、事業が遅延している間に、酢酸生産関連技術が急速に進歩し、本サブプロジェクトより安価かつ環境に負担をかけない形で酢酸製造が可能となった。
5) 貴陽発電工場	2001 年 3 月-2003 年 12 月 (2 年 10 カ月 : 34 カ月)	2001 年 3 月-2004 年 12 月 (3 年 6 カ月 : 46 カ月) 関係者不在により不明。
6) モニタリングシステム整備	2001 年 3 月-2002 年 6 月 (1 年 4 カ月 : 16 カ月)	2001 年 3 月-2003 年 4 月 試運転開始 2002 年入札開始。 (2 年 1 カ月 : 25 カ月) 測定方法変更に伴い、測定方法に見合った調達先を選定することに時間を要した。
7) 林東クリーン炭工場建設	2001 年 3 月-2003 年 9 月 (2 年 7 カ月 : 31 カ月)	2001 年 3 月-2005 年 4 月 (4 年 1 カ月 : 49 カ月) F/S 計画時、工場から鉄道駅までトラックによる石炭輸送を計画した。実際には、50 万トン/年の石炭をトラックで輸送することが困難で、鉄道専用線 3.7km の建設工事を追加したため、時間を要した。

3.4.3 内部収益率の分析結果（参考数値）

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

効率性の総合評価については、通常、アウトプットの整備状況を踏まえ、事業費と期間の計画、

²⁹ JICA 内部決定に基づく。

実績を比較することが基本となる。特に本事業については、上述したアウトプットの稼働停止という状況を、評価項目全体の中でどのように評価するかを整理する必要がある。

1) アウトプットの半分以上が稼働停止した状況を踏まえると、アウトプットの整備状況は投入に対して効果的とはいえない。加えて、一部のサブプロジェクトの事業期間が計画を大幅に超過したことも踏まえると、効率性の評価は低くならざるを得ない。

2) ただし、各アウトプットが稼働停止に至った状況についてはすでに有効性の項で集約して評価を行っている。効率性の評価に際しては、事業期間と費用の比較を基本として、アウトプットの整備状況を参考として評価を行った。

3) 稼働停止したアウトプットの一部は完成後 5-6 年にわたり効果を果たしていたこと、またその期間において貴陽市の大気汚染状況の改善について大きな効果を果たしていたことを考えると、稼働停止したアウトプットについても、一部は活用されていたと位置付けられる。これを踏まえると、アウトプットの整備状況は、有機化学工場以外は概ね計画どおりであると評価できる。

4) 以上から、アウトプットの整備状況は良好とは言えないものの、事業期間と費用のレーティングをさらに低くするだけの状況ではない。効率性のレーティングは、事業期間と費用の計画と実績の比較に基づき行うことが妥当と判断した。

以上の判断より、事業費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：②）

既述のとおり、本事業では当初計画された 7 サブプロジェクトのうち、4 件が稼働停止している。持続性の評価は、発現した効果の持続性を検証することが主眼となるため、稼働停止したサブプロジェクトについては、有効性の項においてその評価を行い、持続性については、事後評価時点で稼働するサブプロジェクトの持続性に絞り分析し、評価を行う。

3.5.1 運営・維持管理の体制

3.5.1.1 実施機関

サブプロジェクトの監督機関は、2009 年に事業計画・実施時の責任機関である貴陽市の環境保護局から発展改革委員会外資課に移管された。なお 2012 年末から環境保護局は生態委員会下の組織として再編されている。

3.5.1.2 運営・維持管理機関

運営・維持管理機関は表 14 のとおりである。計画時と事後評価時において、企業についてはすべて省と市が 100% 出資する国有企業である。大気質モニタリング観測所は政府機関の一つである。

表 14 運営・維持管理機関

	計画時	事後評価時
1) 貴陽ガス増設	貴陽ガス輸送送分司	貴陽ガス集団有限責任公司
2) 貴陽製鉄工場大気汚染対策	貴陽第一製鋼分工場	首都鋼鉄集団有限責任公司貴陽第一製鋼分工場
3) モニタリングシステム整備	貴陽市環境保護局	貴陽市生態委員会環境保護局

出所：各サブプロジェクトのプロジェクト完了報告書、質問票回答、現地調査結果。

3.5.2 運営・維持管理の技術

1) 人員数と技術レベル

稼働しているサブプロジェクトについては人材の構成や技術レベルとも、運営上十分な水準が保たれており、特段の問題は見られない。詳細は以下のとおり。

貴陽ガスについては、資格を備えた人材をそろえており、今後の持続的な維持管理が期待できる。圧接工 12 人、安全点検員 5 人、応急補修士 10 人は、技術レベルが十分あり、資格・技能とも充足しており、運営・維持管理の技術レベルは高い。

貴陽製鉄工場は、職員が ISO を取得し、運営・維持管理を向上させようとしている。電気技師 15 人、組積工 15 人、仕上げ工 10 人は、資格・技能とも充足し、基礎的な技術は一定の水準に達している。親会社の首都鋼鉄集団の技術アドバイスを受けている。大気質モニタリング観測所は、技術者 4 人の資格・技能や経験などが十分であり、近年新しく計測項目となった PM2.5 や光化学オキシダントやエアロゾンなどの計測技術の取得に尽力している。

2) 研修制度

貴陽ガス増設は、各持ち場に就く前に、技術員と管理者による研修・教育を受ける。現場専門家の指導を受け、合格してから現場で働く。貴陽製鉄工場は、電気技師向けや仕上げ工向けの研修を内部で実施。大気質モニタリング観測所は、定期的に研修を行い、設備機器メーカーからも関連の研修を受けている³⁰。

3.5.3 運営・維持管理の財務

各プロジェクトの財務諸表は公開していないものの、質問票などの情報により以下のとおりである。

貴陽ガス増設事業の財務状況は、黒字状況が継続し良好である。貴州省の主要ガス源は天然ガスに部分的に転換される計画である。エネルギー源構成の多元化が図られる中、貴陽ガスは、今後コークスガスが工業部門で活用されるように計画を立てている。

貴陽製鉄工場は、鉄鋼市場の需要は高いものの、現地調査時には、移転を控えて、生産能力の設備的な課題と政府による生産制限もあり、また需要に応じた生産体制ではなかったため、赤字化していた。親会社である首都鋼鉄からは、新しいラインの建設の際に新規投資分の資金は受け

³⁰ 各機関への聞き取り結果。

ているが、恒常的な財務上の補助はない。工場敷地の有効利用により収益を確保する予定である。現地調査後、移転中の生産ラインが一部完成したが³¹、鉄鋼工場の収益が恒常的に健全な財務状況となるかは不確かである。

大気質モニタリング観測所は、政府機関の一部門であり、関係者によれば適切や予算措置が確保されており、財務上問題は見られない。貴陽市では、近年大気汚染対策への政府の取り組みが強化されており、全体的な予算は増加傾向が続いている。

このことから、貴陽製鉄の財務状況については不確かな部分があるため、全般的に現状運営・維持管理費については中程度である。

3.5.4 運営・維持管理の状況

1) 貴陽ガス増設の運営・維持管理の状況は良好である。ガス配管の点検、付属施設の点検、配管・付属設備のメンテナンス、ガス配管の輸配送応急対処、応急修理などについて、応急補修士などが作業を行い適切に管理されている。施設の外壁のさび取りと腐食防止対策を徹底するようにしている。

2) 貴陽製鉄工場は、2007年から市の都市計画に従って郊外へ移転することになり、2009年から集じん装置の稼働を停止した。しかし、移転コストの問題があり、段階的に移転している。移転先の用地が確保され、建屋を建築中であり、集じん装置は移転する予定である。ガス発生炉の建築は、生産能力が劣り、貴陽市の施設の淘汰リストに載ったため解体される。加熱炉は、鍛送プロセス³²のみ移す。既存ボイラーの脱硫装置は、石炭を使用しないため廃棄する。発生源モニタリング装置は、一部センサーの不具合があるうえ数年前のものであり、新しいものを設置する。運営・維持管理の制度が確立しており、当番の維持要員が各設備をチェックし、システム指示などを制御する。コンピューターモニターが各制御ポイントの状況（バグフィルター集じん機、電気集じん機温度、空気ブロワー、捕集機、油圧など）をオンラインで点検する。運行記録が取られ、定期的に点検してメンテナンスを行う。

3) 大気質モニタリング観測所は、元々耐用年数が8年であったため、モニタリング機材を2010年に新しい測定項目を含む機材に更新した。メイン観測所、通信システム品質保証実験室、システム支援実験室は、事後評価時にも使用されている。マニュアルに沿った点検を記録している。設備の運営管理面では、24時間の輪番制度を定めている。設備の故障をいち早く発見し、応急修理を行い、データの獲得を確保するためである。職員は国家大気質自動モニタリング規定に従い、定期的に各ステーションの設備を対象にメンテナンスを行い、各ステーションと設備の正常な運行を保証する。国家環境モニタリングセンターが毎年行う品質コントロール審査に合格している。毎年スペアパーツ調達計画を作成し、新たに国の政策で追加された測定項目については、測定可能な新設の設置計画がある。

³¹ 製鉄工場の新生産ラインの稼働により、財務状況へのプラスの寄与が今後期待されている。

³² 鉄を鍛錬しながら加工する箇所。



図 12 貴陽市太慈橋観測所



図 13 大気質観測自動制御スクリーン



図 14 観測・維持管理記録

以上より、本事業の効果の持続性は、貴陽ガス事業と大気質モニタリング事業に関して問題は見られず、運営・維持管理の体制や技術力の維持には概ね問題ない。現在移転中の貴陽鉄鋼事業については、今後の財務状況は未確定であるため、総合的に持続性は中程度である。

4. 結論と提言・教訓

4.1 結論

本事業は、環境モデル都市である貴陽市において、汚染物質削減を図り、貴陽市の環境改善に寄与することを目的としていた。

本事業は、中国の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、事業全体の妥当性は高い。サブプロジェクトの中には、汚染物質削減に大きく貢献したものもあるが、稼働停止等の影響により、環境汚染物質の削減効果は中程度にとどまる。本事業のアウトプットの整備状況は良好とは言えず、事業費は計画内に収まったものの、事業期間は、計画を大幅に上回っているため、効率性は中程度である。本事業の効果の持続性は、解体、停止したものを除けば、貴陽ガス事業と大気質モニタリング事業に関して問題は見られず、運営・維持管理の体制や技術力の維持には概ね問題ない。移転中の貴陽鉄鋼事業については、今後の財務状況は未確定であるため、総合的に持続性は中程度である。

以上より、本プロジェクトの評価は一部課題があるといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

- ・特になし。

4.2.2 運営・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

- ・ 発展段階に応じた環境対策、環境基準の厳格化を見越した環境技術の導入が肝要である。環境基準の厳格化に応じて、施設の運用が不可能になるケース、あるいは工事や設置過程に影響を及ぼすケースなどが、本事業では経験されている。新興国として発展する国に対する円借款事業においては、これらの発展段階と発展速度に応じた環境対策や環境基準の厳格化に対応した計画が必要とされる。

- ・ 国営企業を対象とした事業の場合、経営財務、経営体質、将来的な市況の変化に対応できる事業であるかどうかの吟味が必要である。これらを厳格に検討した後事業対象者を決める必要がある。国の予算へ大幅に依拠する財務の場合、事業実施中の体制や体質の改善は欠かせない。将来的に生じうる民活導入や民営化も想定して、事前調査の段階で、これらも事業対象者の経営体質の評価をするなど、前提条件として事業対象者の適格性を評価する必要がある。

- ・ 本事業の場合、重点汚染企業が存在し、その対策として開始されている事業がいくつかある。重点汚染企業が存在した場合、郊外移転の可能性などを事前に情報収集し、移転の必要性が今後の都市計画で予測される場合、事業計画を練り直す柔軟性が求められる。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット		
1) 貴陽ガス増設	・都市ガス貯蔵タンク1基10万m²と加圧施設(外貨分)建設 ・都市ガス貯蔵タンク1基5万m²(内貨分)と加圧施設 ・供給パイプライン拡張約172.1km(そのうち外貨分144k.5m、内貨分27.6km)	・都市ガス貯蔵タンク1基10万m²(外貨分)と加圧施設(内貨)建設 ・都市ガス貯蔵タンク1基5万m²(内貨分)と加圧施設(内貨分) ・供給パイプライン拡張約172.1km(そのうち外貨分144k.5m、内貨分27.6km)
2) 貴陽製鉄工場大気汚染対策	・20トン電気炉2基、30トン精製炉1基へ集じんシステムの設置 ・ガス発生炉(7基)の建設 ・加熱炉(16基)のガス転換 ・既存ボイラー(10トン×2基)の脱硫 ・発生源モニタリング機器の設置	・30トン精製炉1基へ集じんシステムの設置(外貨) ・ガス発生炉(7基)の建設(外貨) ・加熱炉(16基)のガス転換(内貨) ・既存ボイラー(10トン×2基)の脱硫(外貨) ・発生源モニタリング機器の設置(外貨)
3) 貴州セメント工場粉じん処理	・φ3.5×54m湿式研削乾式焼成予分分解キルンシステム一式の設置 ・4台の旧式φの旧式φ式焼成予の湿式ロータリーキルン生産ライン、30m²縦型電気集じん装置の解体 ・120m²横型電気集じん装置1台の設置 ・DXC(B)マルチサイクロン集じん装置 ・MDC防燥型集じん装置の設置	・φ3.5×54m湿式研削乾式焼成予分分解キルンシステム一式の設置 ・4台の旧式φの旧式φ式焼成予の湿式ロータリーキルン生産ライン、30m²縦型電気集じん装置の解体 ・120m²横型電気集じん装置1台の設置 ・DXC(B)マルチサイクロン集じん装置 ・MDC防燥型集じん装置の設置 ・排水処理システムの増設 ・既存キルンに集じん施設の設置
4) 貴州有機化学工場	・石炭ガス化装置(8万トン/年)(内貨分) ・CO純化装置(2万トン/年)(内貨分) ・合成メタノール装置(3万トン/年)(内貨分) ・カルボニ化の酢酸プラント(36,000トン/年)の建設 ・排水処理施設(200m³/h)の建設 ・既存ボイラー(5基)の改造 ・汚染源モニタリング機器の設置	・石炭ガス化装置(8万トン/年)(内貨分) ・CO純化装置(2万トン/年)(内貨分) ・合成メタノール装置(3万トン/年)(内貨分) ・カルボニ化の酢酸プラント(36,000トン/年)の建設 ・排水処理施設(200m³/h)の建設 ・既存ボイラー(5基)の改造(20トン/h) ・汚染源モニタリング機器の設置 ・既存ボイラーの粉じん・スラグ/排水対策(35トン/h×4、75トン/h×1) ・セメント生産工程の技術改造(2,500トン/d) ・セメント生産有機廃水処理施設(4,800m³/d) ・水銀汚染対策事業(旧酢酸製造工場の解体・水銀除去と排水路3.17km)
5) 貴陽発電所大気汚染対策	・新設200MW発電設備(旧式設備の廃棄)と既存200MW発電設備への排煙脱硫装置の設置	・200MW発電設備の建設 ・新設200MW発電設備と既存設備への排煙脱硫装置の設置
6) モニタリングシステム整備	・一般大気質自動観測サブステーション(測定箇所:13カ所) ・メインステーション1カ所 ・通信システム品質保証実験室1部屋 ・システム支援実験室1部屋	・一般大気質自動観測サブステーション(測定箇所:8カ所)の整備 ・メインステーション1カ所 ・通信システム品質保証実験室1部屋 ・システム支援実験室1部屋
7) 林東クリーン炭工場建設	・クリーン炭生産2工場(処理量50万建設)	・クリーン炭生産1工場(処理量50万トン/年)建設

項 目	計 画	実 績
②期間	2000年3月～2003年12月 (3年10カ月)	2000年3月～2012年10月 (12年8カ月)
③事業費		
外貨	14,435 百万円	8,180 百万円
内貨	15,420 百万円 (1,028 百万円)	19,696 百万円 (1,391 百万円)
合計	28,639 百万円	27,757 百万円
うち円借款分	14,435 百万円	8,180 百万円
換算レート	第一期 15 円＝1 元 (2000 年 3 月)	第一期 14.16 円＝1 元 (2000 年 3 月～2004 年 8 月平均レート)
	第二期 13 円＝1 元 (2001 年 3 月)	第二期 為替レートは、2001 年 3 月-2005 年 4 月間の平均レートを使用して、1 元＝14.133 円。有機化学工場のみは、2001 年 3 月-2012 年 10 月間の平均レートを使用。1 元＝13.939 円で換算した。

0. 要旨

本事業は、湖南省洞庭湖周辺の22都市の堤防・水門・ポンプ場を建設もしくは改修し、各都市の治水能力向上を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズ、日本の対中国援助政策と合致しており、妥当性は高い。事業完了後、全てのサブプロジェクトで治水基準点における流下能力が年最大流量を上回っている。また、治水基準点における計画最高水位が年最高水位を上回っており、総じて安全に洪水が流下していることが確認できた。特に、洪水防御基準（確率規模¹）が「10～20年に一度」であった都市は「100～200年に一度」、「5年に一度」であった都市は「50年に一度」、「4～10年に一度」であった都市は「20年に一度」へと大幅に改善していることが本事業の最大の効果といえる。その他、浸水面積、浸水時間、破堤または越流による年最大被害額等の効果指標についても、降水量の傾向は事業完了前と変化しないものの、ほぼ全てのサブプロジェクトで事業完了以降はゼロであり、効果の発現状況は良好と評価できる。また、住民の生活環境や企業のビジネス環境についてもインパクトが認められ、有効性・インパクトの達成度合いは高い。なお、事業費は計画内に収まったが、事業期間に大幅な遅延が生じており効率性は中程度となった。本事業によって発現した効果の持続性については、総じて維持管理体制、技術、財務についても大きな問題はなく、持続性は高い。

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



常德市：本事業によって整備された堤防

¹ 対象河川が達すべき防御水準、または防御能力。一定の規模を超える洪水が発生する確率（年超過確率）で表現される。

1.1 事業の背景

中国には地理的条件、気象条件のために洪水被害を受けやすい地域が存在し、なかでも長江流域は大規模洪水の多発地帯で、近年では1931年、1954年および1998年に50年～100年確率の大洪水に見舞われている。中国中部に位置する湖南省、湖北省、江西省は、治水インフラの整備が遅れており、特に洪水被害が深刻な地域であった。特に1998年に発生した大洪水は同河川中流域（湖南省洞庭湖周辺、江西省柘陽湖周辺及び湖北省の各支川流域）を中心に発生した（図1参照）。湖南省の洞庭湖及び江西省の柘陽湖の水位上昇並びに流入河川の水位上昇、さらには長江本川の水位上昇が引き起こされたことにより、堤防の随所で漏水が発生し、江西省九江では漏水が原因で長江本川の堤防が決壊するなど、被災者約2億2300万人、被害総額約3兆円におよぶ甚大な被害をもたらした。洪水被害が大きくなった背景としては、①堤防の老朽化や手抜き工事に由来する治水能力の低さ、②ポンプ場等の都市排水設備の未整備、③上流の森林伐採による保水機能の低下、④湖沼の干拓等による洪水調整機能の低下等が挙げられた。1998年の大洪水を受けて、中国政府は中長期的な洪水予防策として長江上流の天然林の伐採を全面的に禁止し、流域遊水池の湖水面積の回復を目的とした工事を1998年以降実施する等、国家をあげての洪水調整機能の回復につとめていた。本事業は長江の中流に位置する湖南省、湖北省、江西省における洪水対策事業の一つとして中国政府が日本政府に対し円借款での支援を要請したものである。

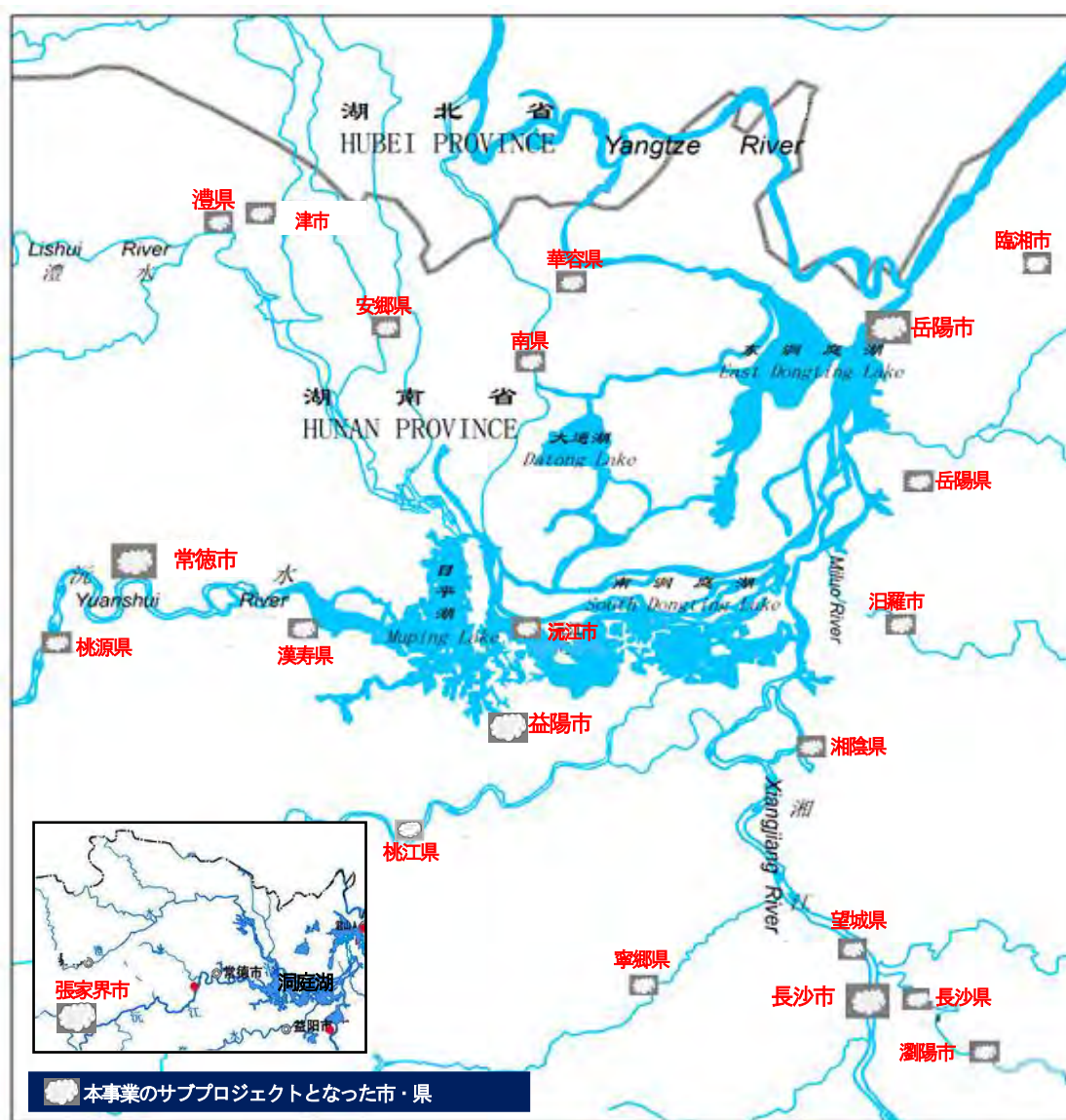


図1 長江流域²と本事業の位置関係

² 長江の上流、中流、下流に分類される。青海省のタンラ山脈からチベット高原、四川盆地、三峡を経て湖北省宜昌市に至るまでが長江上流、湖北省宜昌市から江西省湖口県までが中流（荊江）、湖口から上海市の東シナ海河口までが下流（揚子江）である。

1.2 事業概要

湖南省洞庭湖周辺の 8 市及び 14 県、計 22 地域の堤防・水門・ポンプ場の建設及び改修を行うことにより、各都市の治水能力向上を図り、もって同地域の社会・経済の安定及び地域住民の生活環境の向上に寄与する。



出所：省プロジェクト弁公室提供資料。

図2 湖北省洞庭湖：本事業対象22サブプロジェクトの分布

円借款承諾額／実行額	24,000 百万円／23,963 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2000 年 3 月／2000 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／湖南省人民政府
貸付完了	2011 年 1 月
本体契約	• Changde Huawei Hydropower Engineering Company (中国) • Chenzhou City Hydropower Construction Company (中国) • China Anneng Construction Corporation (中国) • China Water Conservancy & Hydropower 13th Engineering Bureau (中国) • Guangzhou Municipal Engineering Corporation of Hydroelectric (中国) • Hunan Construction Engineering General Corporation (中国) • Hunan Gaoling Construction Group Stock Limited Company (中国) • Hunan Huayu Water Conservancy & Hydroelectricity Construction (中国) • Hunan Hydraulic And Hydropower Building Company (中国) • Hunan Hydraulic And Hydropower Engineering Corporation (中国) • Hunan Hydraulic Hydropower Mechanical Construction Corporation (中国) • Hunan Kaiyuan Hydropower Construction Co., Ltd. (中国) • Hunan Xingyu Water Resources And Hydropower Construction Co (中国) • Shanxi Provincial Bureau Of Water & Electric Engineering (中国) • The 9 Bureau Of China Water Conservancy & Hydroelectric Engineering (中国) • Xianghua Construction & Engineering (中国) • Yiyang Water Conservancy & Hydropower Construction Co., Ltd. (中国) • Yueyang City Changjiang Water Resource & Hydropower Construcion (中国)
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：湖南省水利水電勘測設計研究院（1998 年 8 月） 案件形成促進調査：1999 年 6 月～9 月実施
関連事業	【円借款】 • 「湖北省都市洪水対策事業」（2000 年 3 月借款契約調印） • 「江西省都市洪水対策事業」（2000 年 3 月借款契約調印） 【技術協力】 • 「ダムの運営管理能力向上プロジェクト」（2009 年～2013 年） • 「総合的な河川及びダム管理」（2010 年）

	「洪水関連災害防災専門家育成」(2009 年～2010 年) 「洪水ハザードマップ作成」(2007 年) 【無償資金協力】 「長江中流域大洪水緊急救済物資供与」(1998 年) 「長江堤防補強計画」(1999 年～2000 年) 【他機関案件】 - 世界銀行「Yangtze Dike Strengthening Project」(2000 年～2008 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：2012 年 8 月～2013 年 11 月

現地調査：2013 年 4 月 15 日～4 月 18 日、2013 年 7 月 29 日～8 月 3 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

1) 審査時の開発計画との整合性

審査時の国家開発計画は「中華人民共和国国民経済の発展第 10 次 5 カ年計画（2001－2005 年）」である。治水事業発展に関する優先目標としては、主要都市および主要地域における洪水や水害に対する安全を確保し、洪水防止・減災体制を改善することを掲げ、同国家開発計画期間内に長江を含む 7 大河川における中・下流の本流、および主要な支流と湖について、国が定める洪水防御基準の達成を目標とした。

表 1 国民経済の発展第 10 次 5 カ年計画（2001－2005 年）：治水に係わる目標

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">● 長江、黄河等の 7 大河川における中・下流の本流及び主要な支流、並びに太湖、洞庭湖、鄱陽湖のⅠ級、Ⅱ級堤防が、国が定める以下洪水防御基準に到達する。
特大都市：100 年に一度以上
大都市：50～100 年に一度以上
中等都市：20～50 年に一度以上● 長江と洞庭湖では、1954 年の洪水の規模を基準とし、それに対応し得る中・下流の本流における堤防の嵩上げ・補強、基礎の漏水防止、堤防の高さ補填、基盤補強、水門や排水施設等の建築物補強を実施する。● 武漢等の主要洪水防止都市、洞庭湖を含む主要な湖、長江の本流と主要な支流における中・下流の主要流域・河道の整備、堤防の建設による洪水管理を実施する。● 平坦化工事、並びに洞庭湖・長江の本流・支流を含む底泥堆積物が深刻な問題となっている流域において浚渫を徹底する。 |
|--|

出所：JICA 審査時資料。

上記に加え、長江流域の開発については 1950 年代から水利部による計画「長江マスタープラン」が随時改定を加えながら実施されており、長江の地理的・経済的重要性に鑑み、治水を含む同河川の開発が進められていた。さらに、1998 年の大洪水を受け、国家水利部が「長江総合防洪施設建設システム（1999 年承認）」を作成し、堤防の改修の強化、三峡ダムおよびその支流でのダム建設による洪水防止能力の向上、長江本流支流・洞庭湖および鄱陽湖の支流での河川改修等の実施を目標として掲げていた。上記のとおり、本事業と中国の国家開発計画との整合性は審査時において十分確保されていた。

2) 事後評価時の開発計画との整合性

事後評価時の開発計画は「中華人民共和国国民経済と社会発展第 12 次 5 カ年計画（2011－2015

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。同計画はさらなる洪水予防能力の強化を掲げているが、この目標を具体的に実現する計画を示す計画が「全国水利発展計画（2011－2015 年）」である。同計画では、長江、黄河、珠江、太湖、洞庭湖、鄱陽湖など大型の河川・湖について、①大型の河川・湖の整備および堤防の外で洪水を一時的に蓄える調整池や湖の建設を引き続き強化し、洪水予防能力を高める、②防波堤の建設と河口の総合整備を加速させる、③危険性のあるダムや水門の補修・補強を急ぎ、安全を確保し、洪水予防能力を強化する等の目標を掲げている。さらに、湖南省人民政府は同計画に基づき「湖南省水利発展計画（2011－2015 年）」を策定し、①引き続き洪水防止体制の構築を強化し、錢糧湖など 22 カ所の洪水貯留堤防の補強とさらなる安全確保のためのシステムを構築し、管理計画に基づく「適時適量」な洪水の分流を目指す、②11 カ所の重点堤防及び一般堤防を建設する、③洞庭湖の大型排水・灌漑ポンプ所の更新・改修を重点的に実施し、中小型排水施設の改修についても徐々に進める等、洞庭湖の治水対策を一層強化することを掲げている。

また、国家水利部は長江流域の地理的・経済的重要性に鑑み、50 年代に「長江マスタープラン」の初版を作成し、その後も総合計画に修正・改定を行いながら同河川の開発を進めてきた。洞庭湖支流での河川改修計画が含まれた「長江総合防洪施設建設システム」（1999 年 6 月承認）や、「長江流域総合計画」（2013 年 1 月 4 日承認）も長江流域全体の総合的な洪水防止能力強化を促進する計画として上記マスタープランの一環として策定・実施されている。「長江流域総合計画」では、①堤防、調整池、洪水防止中枢工事、河道総合対策、ダムの制御最適化、②上流での植樹や植草、水土保持、中・下流での堤防による洪水管理、内湖再生等の措置、③長江本流支流、洞庭湖及び鄱陽湖の支流の河川改修、④天然林伐採及び傾斜地耕作の禁止、植林等が引き続き目標として掲げられている。

本事業に加え、円借款事業「湖北省都市洪水対策事業」、「江西省都市洪水対策事業」は、いずれも長江の中・下流地域の治水事業として国家水利部により、上記マスタープラン、具体的に「長江総合防洪施設建設システム」の一環として計画、実施されたものである。さらに 2000 年から 2008 年に実施された世界銀行の「長江の本流堤防補強工事（Yangtze Dike Strengthening Project）」と本事業は、本流と支流の関係にあり、長江の総合的な治水能力を高める取り組みとして、総合計画との整合性が非常に高かった。

上記のとおり、事後評価時においても治水・洪水防止能力強化は引き続き国家および湖南省の開発計画の重点分野であり、本事業との整合性が十分確保されている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

1) 審査時における開発ニーズとの整合性

湖南省北部に位置する洞庭湖は、長江の主要な遊水池の一つであり、洪水流量を調節する中国第 2 の淡水湖である。周辺の洞庭湖平野には省都長沙をはじめ、兵陽、常德等 5 つの地級市

⁵ 中国には省級、地級、県級、郷級という 4 の行政区分があり、「地級」とは省と県の行政単位の間にある地区の行政単位である。省都など、都市部人口比率・地域の生産総・第 3 次産業の比重等について条件を満たす都市が「地級市」にあたる。

および 18 の県級都市があり、重点工業都市及び鉄道・水運の要衝が散在しており、長江の中・下流地域の経済の中心地、交通の要所として機能していたが、資金不足から水防・排水施設整備が大幅に遅れていた。

2000 年時点の洪水防御基準は、長沙市等 4 つの地級市では「10～20 年に一度」、張家界市は「5 年に一度」、瀏陽市、津市市等の 18 の県・市では「4～10 年に一度」と、洪水の発生頻度や規模の観点から際立って低かった。多くの都市で洪水防止圏が未整備、もしくは整備されていても堤防は低く、工事の質も悪く、長年修理が行われずにいたことから、堤防の斜面や基層部からの水漏れ、水流による侵食、護岸倒壊、堤防脚部の不安定性、暗渠水門や排水ポンプ場の設備の老朽化等が深刻な問題となっていた。加えて、洞庭湖の流出口に形成された城陵磯⁶により川幅が狭まったことにより、上流の水位が上昇し、河道の深刻な底泥堆積をもたらしていた。この河川環境悪化により、洪水時の水位は日増しに上昇し、特に 1991 年、1994 年、1995 年、1996 年、1998 年に続けて発生した重大な洪水・冠水災害は、当地の人々の生命と財産の安全に極めて大きな経済的損失をもたらしており、洪水対策に関するニーズは非常に高かった。

2) 事後評価時における開発ニーズとの整合性

事後評価時、洞庭湖とその周辺は急速な経済成長により、長江中流の経済の中心地、交通の要所として審査時よりさらに重要な役割を果たしている。洞庭湖の工業都市として最も重要な岳陽市、益陽市、常德市は 2000 年から 10%以上の経済成長率を遂げている。現在の治水インフラの規模は適切であり、当面は新規建設や大掛かりな修理は必要ないが、都市化の加速、市街地面積の急速な拡大とともに、人口が都市へと集中しているため、排水設備等については、今後も発展度合に応じて必要な改築・拡張が必要となる。

また、現在でも湖南省、湖北省、江西省は洪水対策について連携を図る努力を行っている。具体的には、貯水・排水工事の同時進行、ダムの制御最適化、上流での植樹や植草、中・下流での堤防による洪水管理などが挙げられる。これらを通じ、流域全体の総合的な治水インフラ強化を進めており、開発ニーズは引き続き存在している。

上記から、評価時においても、湖南省を含む長江中・下流地域の洪水対策に関する開発ニーズは引き続き存在している。

なお、2005 年に本事業の対象地として張家界市が追加されたことに関し、湖南省が 1999 年に作成したフィージビリティスタディー（Feasibility Study: F/S）「湖南省洞庭湖区における都市水防施設の外資利用にかかる F/S 報告書(1999 年)」には元々張家界市と永順県も含まれていた。F/S に基づき、湖南省政府は中央政府に対しこの事業に要する投資額を 48 億 7,700 万元と申請したものの、中国国際工程諮問有限公司は 41 億 2,600 万元と判断した。その理由として、本事業に必要な中国側（具体的には張家界市と永順県政府）負担の資金不足の懸念に加え、これら市・県がそれぞれ澧水、沅江の上流地域の山間部に位置する都市で洪水の可能性が比較的

⁶ 「城陵磯」とは、洞庭湖が長江に流れ込む地点にある岩石の多い浅瀬のことである。

低いと考えられていたことである。ただし、2005 年頃から、張家界市は新興観光地として発展を始めており、治水インフラ整備の不足が市のさらなる観光地としての発展の妨げとなりつつあった。そこで、市政府の財政状況が改善したこともあり、本事業資金の一部余剰金を活用し、張家界市を都市洪水防止施設建設サブプロジェクトとして追加することが決定した。この追加工事は洪水防止・都市排水基準の向上のみならず、地方経済や観光事業の発展促進にも資するものとなった。また、澧水、沅江の上流地域における治水工事の実施を通じて、澧水、沅江の下流地域における他のサブ洪水防止プロジェクトの便益が高まったことを考慮しても、本サブプロジェクトの追加は妥当であったといえる。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時における日本の対中国援助政策は「対中国経済協力計画（2001 年策定）」および「海外経済協力業務実施方針（1999 年～2002 年）」である。

「対中国経済協力計画（2001 年策定）」では、従来型の沿海部中心のインフラの整備から、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とし、①環境問題など地球的規模の問題に対処するための協力、②改革・開放支援、③相互理解の増進、④貧困克服のための支援、⑤民間活動への支援、⑥二国間協力の推進の 6 つの重点分野が定められた。本事業は、大気汚染及び水質汚濁等の公害対策、森林保全・造成を含む生態環境保全、水資源の持続可能な利用を支援する重点分野①、並びに一人当たり所得に大きな格差がある沿海部と内陸部の格差是正のための経済・社会開発を支援する重点分野④と合致している。

他方、「海外経済協力業務実施方針（1999 年～2002 年）」では、多様化する開発課題に対する開発途上国の離陸へ向けての自助努力とオーナーシップを重視した効率的・効果的な支援に努めることを基本方針として掲げている。同方針の重点三分野は、①貧困削減と経済・社会開発への支援、②地球規模問題への取り組み、③経済構造改革への支援であり、本事業は特に重点分野①と合致している。

上記のとおり、審査時において、本事業と日本の援助政策との整合性は確保されていることが確認できた。

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⁷（レーティング：③）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業の目的は、治水能力の向上にあるが、特に洪水被害の軽減が、重要な効果と位置付けられる。審査時において運用・効果指標が設定されていなかったため、本事後評価では、治水事業における洪水防止能力を測る際に一般に用いられる、洪水防御基準、治水基準点における流下能

⁷ 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。

力、破堤または越流による年最大洪水氾濫面積・年最大浸水戸数・年最大被害額等を採用した。

3.2.1.1 運用指標

1) 治水基準点における流下能力と年最大流量の比較

治水基準点における流下能力 (m^3/s) とは、治水基準点において、洪水を安全に流下させることのできる最大の流量を指す。全サブプロジェクトの 2011 年⁸の流下能力は、2000 年と比較し全て増加しており、最低でも桃江県 108%、最大で岳陽県の 227%、単純平均では 155%増と、著しい改善がみられる (表 2)。

表 2 治水基準点における流下能力

(単位 : m^3/s)

サブ プロジェクト	2000 年 審査時	2011 年 事後評価時	
		2000 年比	
1 長沙市	15,000	24,000	160%
2 瀏陽市	2,500	4,030	161%
3 岳陽市	20,000	45,000	225%
4 臨湘市	550	640	116%
5 汨羅市	3,500	4,460	127%
6 常德市	22,000	35,000	159%
7 津市	7,000	12,800	183%
8 益陽市	9,600	14,500	125%
9 長沙県	6,200	7,800	126%
10 望城県	4,000	5,500	138%
11 寧郷県	2,980	3,430	115%

サブ プロジェクト	2000 年 審査時	2011 年 事後評価時	
		2000 年比	
12 岳陽県	2,300	5,230	227%
13 華容県	1,400	1,600	114%
14 湘陰県	11,000	20,300	185%
15 安郷県	3,500	6,000	171%
16 漢寿县	19,000	25,000	132%
17 澧県	12,000	20,000	167%
18 桃源県	15,000	22,000	147%
19 沅江市	35,000	60,000	171%
20 南県	3,600	4,800	133%
21 桃江県	12,000	13,000	108%
22 張家界市	5,000	10,500	210%

出所：省プロジェクト弁公室提供資料をもとに評価者が作成。

さらに、この流下能力と治水基準点における年最大流量 (m^3/s) を比較した場合、年最大流量が流下能力以下であれば、洪水が安全に流下している（大雨等により増水した河川の水が安全に流れている）ことを意味し、本事業により増加した流下能力が維持されていることを示す。表 3 では、2003 年から 2011 年まで、流下能力から年最大流量を引いた値を示している。本事業が工事を開始した 2003 年は、22 サブプロジェクト中 11 サブプロジェクトで流下能力が年最大流量以下であり、明らかに破堤や越流が発生するリスクがあった。しかし、工事が進捗するとともに、年最大流量が流下能力を上回ったサブプロジェクトは 2004 年の桃源県と南県のみであり、2005 年から 2011 年は、全てのサブプロジェクトで洪水が安全に流下しており、本事業による著しい効果が認められる。

⁸ 収集可能であった最新データ。

表3 サブプロジェクト別流下能力と年最大流量の差 2003~2011 年 (単位: m³/s)

サブ プロジェクト	2003 工事 開始	2004	2005	2006	2007	2008	2009 事業 完了	2010	2011
1 長沙市	-4,500	4,500	6,700	4,300	9,500	10,900	13,600	4,700	14,200
2 瀏陽市	2,146	3,028	3,126	2,720	3,127	3,216	3,499	2,730	3,638
3 岳陽市	3,400	5,200	23,500	25,100	29,300	30,400	34,900	23,700	31,300
4 臨湘市	-20	140	120	240	170	210	220	120	40
5 汨羅市	810	398	1,040	1,296	1,279	1,220	1,447	974	1,840
6 常德市	2,000	4,400	15,600	24,530	13,800	15,600	24,500	18,100	25,820
7 津市	-9,100	1,940	3,180	4,490	4,780	4,240	5,710	5,110	4,420
8 益陽市	-800	100	1,100	2,000	2,500	2,000	2,000	3,200	1,500
9 長沙県	1,520	1,940	2,680	2,890	3,180	4,240	3,210	4,210	4,520
10 望城県	-195	981	1,262	2,343	1,001	2,098	3,453	289	3,332
11 寧郷県	466	1,213	1,206	1,420	1,444	1,665	1,478	785	1,411
12 岳陽県	2,611	1,156	3,789	4,289	4,697	4,697	4,253	1,698	4,590
13 華容県	270	410	550	280	470	380	250	320	230
14 湘陰県	-1,360	1,600	4,880	6,900	8,014	9,614	11,129	7,087	12,289
15 安郷県	-2,280	740	1,380	2,690	980	1,440	2,910	1,310	2,620
16 漢寿县	5,000	3,000	7,000	10,000	9,000	10,000	9,000	9,000	10,000
17 澧県	-4,600	3,210	9,280	12,250	4,650	7,080	8,280	3,720	7,410
18 桃源県	-5,400	-5,000	4,600	12,900	1,200	3,600	11,000	4,400	1,000
19 沅江市	16,400	13,700	12,720	38,700	37,720	38,650	36,900	37,800	47,200
20 南県	-200	-100	600	1,700	1,350	1,700	1,650	1,200	2,300
21 桃江県	6,500	4,000	6,200	7,200	7,100	6,000	10,600	6,200	8,100
22 張家界市	-3,540	1,580	3,290	4,010	4,480	3,990	6,460	5,380	7,490

出所：省プロジェクト弁公室提供資料をもとに評価者が作成。

2) 治水基準点における計画最高安全水位と年最高水位の比較

治水基準点における年最高水位が、計画最高安全水位以下であれば、安全な水位が保たれていることを意味する。本事業の工事が開始した 2003 年には 22 サブプロジェクト中 16 において年最高水位が計画最高安全水位を超えていた（表 4）。さらに別途、警戒水位⁹と比較した結果 22 サブプロジェクト中 19 が警戒水位を超えており、非常に危険な状態であった。

⁹ 警戒水位とは河川・湖などの水位が上昇し、対策を講じなければ破堤や越流につながる可能性のある水位であり、中国では計画最高安全水位から 1.5m を引いた水位とされている。警戒水位に達した場合、洪水防止部門が警戒を強化し、洪水防止の応急措置が取れるよう人的・物的な準備をおこなう。

表4 計画最高安全水位と年最高水位の差

(単位：m)

サブ プロジェクト	2002	2003 工事開始	2004	2005	2006	2007	2008	2009 事業完了	2010	2011
1 長沙市	-1.53	-1.25	2.42	1.07	-0.63	0.93	1.74	3.24	0.60	5.90
2 瀏陽市	1.47	2.77	3.47	2.97	2.07	2.57	2.77	3.37	3.94	5.34
3 岳陽市	-2.91	-1.61	-0.05	0.40	2.30	-0.62	0.72	1.07	0.65	4.56
4 臨湘市	0.90	-0.10	1.60	1.30	2.30	1.20	1.50	1.60	4.46	3.46
5 汨羅市	-1.56	-1.70	-2.20	-1.25	-0.20	-0.70	-1.55	-0.77	0.54	2.01
6 常德市	2.89	1.07	1.02	4.32	7.64	2.04	2.65	6.10	4.54	8.78
7 津市	1.35	-3.67	2.22	4.34	2.33	3.35	4.28	2.14	2.59	3.67
8 益陽市	3.43	2.88	2.88	2.38	2.38	1.88	1.88	-0.62	1.34	1.06
9 長沙県	-1.01	-0.98	-0.06	0.01	-1.00	0.01	-1.08	-1.23	1.44	3.22
10 望城県	-2.09	-0.94	1.26	0.71	-0.39	0.97	1.82	2.66	0.53	5.65
11 寧郷県	-0.32	-1.02	1.78	-0.12	0.18	1.78	2.28	0.48	0.76	1.86
12 岳陽県	1.62	1.62	0.92	1.68	1.77	1.88	1.68	1.12	3.28	3.26
13 華容県	-2.46	-1.16	0.14	0.94	2.84	0.54	0.64	0.74	11.65	2.65
14 湘陰県	-3.40	-1.65	-1.07	-0.07	-0.04	-0.37	0.57	1.29	0.51	4.55
15 安郷県	-1.45	-3.64	-0.48	0.54	2.53	-1.45	-0.52	1.34	1.27	4.35
16 漢寿県	0.30	0.20	-2.10	0.00	0.30	0.20	0.30	0.20	1.87	1.97
17 澧県	2.46	-3.59	2.22	6.79	8.26	0.68	3.09	4.29	1.42	5.11
18 桃源県	0.22	-2.04	-2.29	1.85	5.68	-1.30	-0.62	3.63	1.58	0.62
19 沅江市	1.01	-2.56	-1.88	0.86	2.34	-1.14	-0.25	2.07	0.96	5.40
20 南県	-2.34	-1.52	-1.26	-0.41	2.22	-1.01	0.48	0.47	0.74	3.93
21 桃江県	-3.33	0.34	-1.85	-0.19	1.67	1.39	-0.57	3.40	1.25	2.85
22 張家界市	-0.06	-3.91	1.08	2.86	0.48	-0.35	-0.95	1.33	2.37	4.14

出所：省プロジェクト弁公室提供資料をもとに評価者が作成。

本事業が進むにつれ、徐々に状況が改善し、表3に示すとおり2010年以降は全てのサブプロジェクトが計画最高安全水位以下である。警戒水位についても確認したところ、2010年には22サブプロジェクト中13カ所、2011年に2カ所について警戒水位を超えたが、いずれも計画最高安全水位内であったため破堤や越流は生じておらず、本事業の明らかな効果が認められる。

3.2.1.2 効果指標

1) 洪水防御基準（確率規模）

表5に示すとおり、本事業により全てのサブプロジェクトの洪水防御基準が大幅に改善しており、本事業による大きな効果が認められる。

表5 洪水防御基準

サブプロジェクト	審査時	事後評価時
長沙市（省都）	10～20年に一度	100～200年に一度
常德、益陽、岳陽（地級市）	10～20年に一度	100年に一度
張家界市	5年に一度	50年に一度
他17県級市	4～10年に一度	20年に一度

出所：省プロジェクト弁公室提供資料をもとに評価者が作成。

2) 破堤または越流による年最大洪水氾濫面積（km²）、年最大浸水戸数（戸）、年最大被

害額（元）、年最大浸水時間（時間）、年人的被害（人数）（表6）

これらの指標は、張家界市を除き、全てのサブプロジェクトにおいて2002年～2003年のピークを境に減少し、2008年からゼロを達成しており、本事業の洪水被害の低減が計画どおりの効果をあげていることが確認できた。なお、張家界市は、いずれの効果指標もゼロを達成していない。その理由は本事業で改修した河川の対岸の整備は円借款事業対象外であり、別途自己資金で整備を進め2011年によりやく完了したことに起因することが省プロジェクト弁公室への聞き取り調査から判明した。

表6 本事業の効果指標：21 サブプロジェクト平均と張家界

	2000	2001	2002	2003 事業開始	2004	2005	2006	2007	2008	2009 事業完了	2010	2011
A. 破堤または越流による年最大洪水氾濫面積(km²)												
21サブプロジェクト平均	3.1	2.0	4.7	4.8	2.4	1.7	0.8	0.1	0	0	0	0
張家界市	2.9	1.9	2.8	3.8	1.4	2	1.5	1.5	0.9	0.5	0.2	0.1
B. 破堤または越流による年最大浸水戸数(戸)												
21サブプロジェクト平均	10,075	6,451	15,672	16,492	8,311	5,501	2,098	215	0	0	0	0
張家界市	460	298	435	593	215	310	238	243	141	78	30	9
C. 破堤または越流による年最大浸水時間（時間）＊												
21サブプロジェクト平均	38	25	55	54	40	31	23	11	0	0	0	0
張家界市	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
D. 破堤または越流による年人的被害（人）												
21サブプロジェクト平均	1,825	1,168	3,031	3,163	1,714	1,088	494	40	0	0	0	0
張家界市	1,750	1,136	1,655	2,257	820	1,181	905	926	538	297	116	35

出所：省プロジェクト弁公室提供資料をもとに評価者が作成。

＊：省プロジェクト弁公室への聞き取りによれば、浸水時間は24時間単位で記録している。従って張家界の24時間は「24時間もしくはそれ以下」という意味であり、実際の浸水時間は把握できていない。

3.2.2 定性的効果

審査時、具体的な定性的効果は想定されていなかったため、本事後評価では本事業のインパクトレベルの効果と合せて、以下「3.3 インパクト」の項で統合して評価を行った。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

事業の目的は「地域の社会・経済の安定および住民の生活環境の向上」である。「地域経済の安定」については、特に洞庭湖周辺の重点工業都市である長沙、岳陽、常德、益陽の4都市について民間企業20社への聞き取り調査を実施し、地域経済の発展、特に流通等ビジネスインフラの改善の有無、不動産価格の変化、土地利用の変化、本事業の満足度について意見を収集した。「地域社会の安定、生活環境の改善および地域住民の安定」については、住民100名に対する受益者調査を実施し、事業前後の心身の状態の変化、生活環境改善、本事業の満足度等を確認した（表7）¹⁰。

¹⁰ 【企業調査】20社／地域分布（長沙市35%、岳陽市10%、常德25%、益陽業30%）／業種（農業・林業・漁業20%、製造業25%、建設業30%、サービス業15%、その他10%）／従業員数（100名以上：35%、30～99名：50%、30名

表7 受益者調査に基づく本事業のインパクト

地域経済の安定 (企業調査結果)	1. <u>ビジネス環境への効果</u>：「商品の納入が予定通りに実施できるようになった」、「ビジネスを続ける上で水害によるリスクを考える必要がなくなった」について、全企業（100%）が「非常に改善」もしくは「概ね改善」と回答した。「流通全般が改善した」、「仕事の効率が上がった」についてもそれぞれ企業の95%と90%が、「非常に改善」もしくは「概ね改善した」と回答した。 2. <u>地価への効果</u>：事業実施前の2000年と比べると、事後評価時の地価は380%～2500%、住宅価格は300%～800%それぞれ上昇したと回答している（なお住民調査では、回答者の90%以上が本事業実施後、地価は120%～600%、住宅価格は150%～1000%それぞれ上昇したと回答している）。ただし、中国の経済成長とともに洞庭湖の地域経済も成長しているため、本事業と地価上昇の直接的な因果関係は特定できないが、聞き取り調査からは、洪水被害がなくなったことは地価上昇に確実に影響を与えているとのことであった。また2000年と比較し、国内外の直接投資（主に製造業とサービス業）もそれぞれ30%～40%、20%～50%上昇しているとの意見であった。 3. <u>本事業の目標達成度と満足度</u>：本事業の目標達成度合いについて意見を聞いたところ、全ての企業が「目標を達成している」と回答した。さらに、本事業を含む政府の洪水対策についても、全ての企業が「満足である」と回答した。この高い満足度の理由として、95%の企業が「2000年前後から比べ洪水・浸水の回数が大幅に減ったため」と回答し、本事業の目標達成度と満足度は非常に高いことが判明した。
生活環境の改善および地域住民の安定 (住民調査結果)	1. <u>生活環境の改善</u>：2000年の事業開始時と比べて、洪水・浸水の回数が「大幅に減った」と回答した住民は83%、「多少減った」と回答した住民は17%であった。洪水・浸水が減ったことによる地域住民の生活環境については、「洪水・浸水被害等による日常生活を送る上での不安が解消された」（95%）、「浸水による健康問題（主に呼吸器や消化器系の疾患）が減った」（83%）、「河川やその周辺でのレジャーが可能になった」（88%）と、明らかに生活環境の改善が認められる。特に「日常生活を送る上での不安の解消」については、事業実施前に経験していた「通勤・通学・通院・買い物への支障」、「電気・ガス・水道の頻繁な停止」が改善されたといった声が多かった。 2. <u>本事業の目標達成度と満足度</u>：事業目標達成度合いについて確認したところ、91%が「達成した」と回答し、事業の満足度については96%が「満足である」と回答した。主な理由は、事業完了後、洪水対策基準が「20年に一度」から、「100年に一度」に改善したことであった。さらに、事業実施後、洪水冠水災害が発生したことはなく、被災する事例も著しく減少したという意見が多かった。他方、「どちらかといえば不満」と回答した住民4%は、「堤防、ダム、洪水壁の保護や管理が不十分である」点を理由として挙げた。

出所：受益者調査結果。

上記の通り、「地域の社会・経済の安定および住民の生活環境の向上」について企業も住民も本事業の効果について高く評価しており、満足度も非常に高かった。ただし、今後も着実に治水整備を進めていく必要があるということも認識しており、特に、ポンプ場等排水施設の整備、増水時の情報提供の充実、堤防・ダム等のさらなる河川整備が引き続き対応すべき課題として挙げられた。

以下：15%）／洪水被害経験の有無（ある10社、ない10社）。【住民調査】100名／地域分布（長沙市26%、岳陽市10%、常德33%、益陽市31%）（男性66%、女性34%）／年齢（20代（5%）、30～59歳（82%）、60歳以上（13%）／洪水被害経験の有無（ある63%、ない37%）。調査実施期間：2013年5月中旬。

3.3.2 その他、正負のインパクト

3.3.2.1 自然環境へのインパクト¹¹

審査時において自然環境への負のインパクトは想定されていなかった。また、洞庭湖周辺全体という広域を対象とした自然環境への事前・事後のインパクトを把握することが困難であるうえ、本事業との直接的な因果関係を特定することも難しいことから、本事後評価では事業の工事が実施されている間の自然環境への影響に関するモニタリング状況に着目した。

本事業実施中の洞庭湖都市洪水防止工事に関する環境保護管理活動は、省プロジェクト弁公室が担当した。省プロジェクト弁公室には環境保護部を、各市・県のサブプロジェクト弁公室には環境保護グループを設けた。環境保護グループは環境保護部に対し、環境活動のレポートを作成・提出し、担当するサブプロジェクトにかかると環境管理およびモニタリング計画の徹底と内部・外部に対する調整や監督管理活動が義務付けられた。環境モニタリングは表8に示す3つの項目について実施された。

表8 事業実施中の自然環境モニタリング

項目	モニタリング内容
水質	- 責任機関：各サブプロジェクトの環境モニタリングステーション。 - モニタリング期間：施工開始から施工完了まで。 - モニタリング頻度：3期（豊水期、渇水期、平水期）に一度ずつ。 - モニタリング内容：湘江、資水、沅江、澧水の4大支流の流入口の断面4箇所、城陵磯の流出口の断面1箇所、目平湖、南洞庭湖、東洞庭湖の湖との境界断面2箇所、長沙、益陽、常德、岳陽、澧県、津市、汨羅、瀏陽、桃江、桃源、望城、寧郷、張家界等の各都市の上流域、下流域のそれぞれの断面1箇所ずつについて、施工中の水質モニタリングを行い、必要に応じて防御策を講じた。
大気	- 責任機関：各サブプロジェクトの環境モニタリングステーション。 - モニタリング頻度：毎年四半期に1度。 - モニタリング内容：各サブプロジェクトにおいて重点的で代表的な施工区域を3～5箇所選び、観測ポイントを設けた。施工区域を発生源とする汚染因子をもとに監視項目を確定した。
騒音	- 責任機関：各サブプロジェクトの環境モニタリングステーション。 - モニタリング期間：施工開始から施工完了まで。 - モニタリング頻度：2カ月に1度。 - モニタリング内容：地級市サブプロジェクトにおける代表的な施工区域を4～6カ所（県級市は2カ所）選び、サンプリングポイントを設けた。

出所：各サブプロジェクト弁公室提供資料をもとに評価者が作成。

なお、サブプロジェクト弁公室への聞き取り調査によると、本事業実施中、通常の土木工事に発生する汚水、粉じん、騒音による自然環境、および住民の生活環境への負の影響が懸念され、実際これらの環境汚染が生じていた。ただし、これらを最小限に留めるために、表9に示す対策を講じていたことも確認できた。

¹¹ 本事業の環境影響評価報告書は1999年8月に国家環境保護局により承認されている。

表9 事業実施中の環境汚染対策

項目	対策
汚水	コンクリート排水については、各サブプロジェクトにおける排水管理処・排水運営管理センターと連携し、沈殿処理を行った。油分が含まれる排水（主に施工車両と機材の修理、洗浄による排水）については、施工区付近に集中洗浄場を配置し、油水分離槽で収集し処理を行った。
粉じん	施工区における定期的な水撒き、道路の洗浄等により、特に掘削施工時の粉塵が基準を上回ることを防止。サブプロジェクトによっては、建設時に発生する土の運搬管理条例を新たに制定し、これらの運搬にかかる審査・承認手続、運搬時間、運搬車の基準を明確にし、粉じんによる汚染を最小限に抑えた。
騒音	高騒音設備の運転時間を制限（22時から翌日6時において高騒音設備の施工を禁止）、施行車両や輸送車両による交通騒音については、主に過積載を抑止し、過剰なクラクションの使用を禁止し、速度を制限した。

出所：各サブプロジェクト弁公室提供資料・聞き取り調査をもとに評価者が作成。

住民に対し実施した前述の受益者調査でも、本事業実施中における廃棄物処理、排ガス、粉じん、濁水、騒音、振動の6つの環境汚染項目に関して確認したところ、排ガス、廃棄物処理、粉じん、濁水については50%が、騒音と振動については40%が「非常に気になった・やや気になった」と回答しており、施工中に環境汚染が生じていたことは否めない。実際苦情を市・県政府に対し申し立てた住民は18%であったが、いずれも「その後問題は解決された」と回答していることから、各サブプロジェクト弁公室としても環境汚染を軽減する努力を行ったことも確かである。なお、住民の84%は「本事業により、河川周辺の環境保護が改善した」と回答しており、本事業完了後の環境への正のインパクトが表れていることも認められる。

3.3.2.2 住民移転・用地取得

審査時、本事業は約1,900haの用地取得、および約1万世帯（約36,000人）の大規模な住民移転を予定していた。実績は表10に示す通り、用地取得面積は1,398.06haで対象となった戸数は2,821戸、人口9,628人であった。他方、住民移転の対象になったのは7,298戸、合計25,036人であった。

表 10 住民移転・用地取得の実績

サブ プロジェクト	用地取得			住民移転	
	面積 (ha)	戸数	人口	戸数	人口
1. 長沙市	400.00	1,120	3,360	2,880	8,640
2. 瀏陽市	62.40	166	681	446	1,841
3. 岳陽市	7.40	8	32	22	90
4. 臨湘市	52.77	9	35	27	102
5. 汨羅市	92.54	35	140	97	397
6. 常德市	29.53	243	945	657	2,555
7. 津市	57.00	53	240	134	615
8. 益陽市	124.01	553	1,854	1,353	4,537
9. 長沙県	58.33	95	359	230	876
10. 望城県	57.27	45	218	113	559
11. 寧郷県	21.00	42	133	110	359
12. 岳陽県	61.00	14	54	37	152
13. 華容県	12.00	30	122	88	366
14. 湘陰県	57.98	53	167	150	475
15. 安郷県	55.00	51	232	135	625
16. 漢寿県	83.00	34	129	86	331
17. 澧県	40.14	69	286	167	697
18. 桃源県	23.33	15	56	39	149
19. 源江県	9.79	13	53	33	133
20. 南県	9.37	42	146	112	394
21. 桃江県	22.00	32	91	88	259
22. 張家界市	62.18	99	295	294	884
合計 (実績)	1,398.06	2,821	9,628	7,298	25,036

出所：実施機関提供資料。



図 3 「安置住宅」の例
(長沙市)

上記の大規模な住民移転と用地取得を円滑に実施するために、湖南省政府は、各サブプロジェクトにおいて国務院が定める条例等の住居移転政策・法令に従って住居移転に伴う補償を徹底することを目的とし、省プロジェクト弁公室に、住民移転・用地取得を担当する「土地収用住民移転部」を設立し、同担当部門の指導のもと、各サブプロジェクト弁公室内に 2001 年から 2002 年にかけて「土地収用住民移転部」が設置され、実際の住民移転の実施と管理を行った。省プロジェクト弁公室は各サブプロジェクトの住居移転・用地取得について監督を行い、定期的にモニタリングを行った。

全てのサブプロジェクトが「中華人民共和國土地管理法」と「大中型水利・水力発電事業建設用地収用補償と移転者再定住条例」に基づき、住民移転と用地取得をおこなった。プロセスとしては、各サブプロジェクトの土地収用住民移転部が、用地取得・住民移転の対象となる郷・鎮・村¹²ごとに公聴会を開き、移転人口、世帯数、取得面積について情報公開し、その補償・補助基準、計算方法及び補償・補助金

¹² 中国には省級、地級、県級、郷級という 4 の行政区分があり、第 4 級行政区分である「郷」は人口の大きさ等により、「鎮」（日本でいえば町）や「郷」（日本でいえば村）、さらに規模が小さい村から構成されている。

額の説明と意見交換を行った。その上で移転先の場所、移転日及び補償・補助金の受領方法を告知し、合意書と公証人立会のもと「公正証書」を締結した¹³。代表的な例として長沙市のケースを挙げると、移転住民への補償について、住民の移転先の総合用地占有面積（前面道路、排水など公共用地を含む）基準を一人当たり 70m² と設定し、住民の希望によって、大きく分けて 2 つのオプションを提供した：①安置住宅（市政府が新たに整備した集合住宅）を希望する住民に対しては、同住宅が完成するまでの臨時住宅（既存の公共住宅もしくは私有住宅等）を手配し、その間、もともと住んでいた土地の面積に対し毎月 12 元/m² の補償を支払う、②最初から自主的に市場で住宅を探し移転を希望する住民に対しては 1,200 元/m² を上限として補助金を支払う。期間については臨時住宅への移転を最短でも 26 カ月（瀏陽市）、最長で 45 カ月（望城県）、平均 31 カ月を費やしている。本来は事業期間内に安置住宅への移転を完了する予定であったが、他の公共事業（道路整備等のインフラ事業）で発生している住民移転との調整を行いつつ進めていることから、より長い時間が必要となっていた。

他方、用地取得の補償基準は各都市の規模、土地の種類別（永久占有土地、もしくは臨時占有土地）に補償基準が決まっており、各サブプロジェクトによって異なるが、平均 27,923.7 元/ムー¹⁴であった。

なお、事後評価時、臨時住宅に住み安置住宅への引っ越しを控えていた受益者への聞き取り調査では、上記のプロセスが確実に実施されており、可能な限り住民の希望を考慮したプロセスであったと評価している。事業前は洪水の度に家財道具を失っており、何よりの効果は安心感であると強調していた。一部の住民は補償額に不満を抱いていたとの意見もあったが、総じて本事業の用地取得・住民移転は大きな問題はなく進んだといえる。

3.3.2.3 その他正負のインパクト

本事業は洪水制御・都市排水基準を向上させただけでなく、その後、各市・県が自前で斜面保護、緑化、景観配置等の措置、歩行者空間の整備を実施しており、今では新たな河川沿いの景観帯が作り出され、洞庭湖周辺の住民に新しい憩いの場が多数提供できている。22 のサブプロジェクト全てから、このような正のインパクトが確認できている。実査を通じても具体例を多数確認できた。

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。

¹³ 湖南省政府は、本事業の内容と重要性、そしてそれに伴う住民移転・用地取得について、湖南省全住民の理解を求めることを目的とし、宣伝資料、座談会、ラジオ・テレビ等を通じ啓蒙・宣伝活動も行った。

¹⁴ 土地面積の単位。1 ムーは 15 分の 1 ヘクタール。

3.4 効率性（レーティング：②）

3.4.1 アウトプット

本事業は表 11 に示す 5 つの地級市および 17 の市・県、合計 22 のサブプロジェクトから成る。全てのサブプロジェクトにおいて洪水防御事業（堤防・洪水壁の新設および改修、既存水路の改修）と都市排水事業（水門新改築、ポンプ新改築、水路新設および改修）が実施された（サブプロジェクト毎のアウトプットについては添付資料 1-1、1-2 を参照）。

表 11 本事業のサブプロジェクト

地級市（計 5 都市）	市・県（計 17 都市）
長沙市、岳陽市、常德市、益陽市、張家界市	瀏陽市、臨湘市、汨羅市、津市、長沙県、望城縣、寧鄉縣、岳陽縣、華容縣、湘陰縣、安鄉縣、漢壽縣、澧縣、桃源縣、沅江市、南縣、桃江縣

洪水防御事業については、張家界市の堤防・洪水壁改善（アクセス道路 26.47km 含む）が加わったことにより、堤防・洪水壁改善の総距離は計画比 105%であった（表 12）。

表 12 洪水防御事業の計画値と実績値

地域	計画値 (km)				実績値 (km)				
	堤防・洪水壁新築	堤防・洪水壁改善	既存水路改修	合計	堤防・洪水壁新築	堤防・洪水壁改善	既存水路改修	合計	計画比
21 サブプロジェクト合計	90.029	709.31	139.64	938.979	90.029	709.303	139.64	977.782	100%
張家界市	—	—	—	—	—	38.810	—	—	
合計	90.029	709.31	139.64	938.979	90.029	748.113 (105%)	139.64	977.782	104%

出所：計画値は JICA 審査時資料、実績値は各サブプロジェクト弁公室の提供資料。

都市排水事業についても表 13 に示す通り、張家界市の水門・水路新設・アクセス道路が加わったことにより、水門新改築総箇所は計画比 102%、水路新設については計画比 162%、総水路改修距離は計画比 108%であった。

表 13 都市排水事業の計画値と実績値

地域	計画値						実績値 (計画比)					
	水門新改築	ポンプ新改築		水路新設	水路改築	水路改修合計	水門新改築	ポンプ新改築		水路新設	水路改築	水路改修合計
	箇所	kW	箇所	Km			箇所	kW	箇所	km		
21 サブプロジェクト合計	365	64,474	146	14.26	97.07	111.33	365	64,474 (100%)	146 (100%)	14.26 (100%)	97.07 (100%)	111.33 (100%)
張家界市	—	—	—	—	—	—	8	—	—	8.8	—	8.8
合計	365	64,474	146	14.26	97.07	111.33	373 (102%)	64,474 (100%)	146 (100%)	23.06 (162%)	97.07 (100%)	120.13 (108%)

出所：計画値は JICA 審査時資料、実績値は各サブプロジェクト弁公室提供資料

以上、張家界市が加わったことによりコンポーネントによってはアウトプットが計画を超える結果となった。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

審査時における事業費の計画 68,264 百万円（うち外貨 24,000 百万円、内貨 4,298 百万円）に対し、実績値は 62,285 百万円、（うち外貨 23,939 百万円、内貨 2,852 百万円）計画比 91%と予算内に収まった。張家界市追加調達を含まない場合の事業費の実績値は 52,717 百万円（うち外貨 19,682 百万円、内貨 2,457 百万円）計画比 77%であった（表 14）。

表 14 事業費の計画と実績の比較

費目	計画値*1			実績値*2 (計画比)		
	円借款 (百万円)	内貨 (百万円)	合計 (百万円)	円借款 (百万円)	内貨 (百万円)	合計 (百万円)
土木工事	17,777	2,800	41,998	19,282	1,980	45,909 (109%)
ポンプ整備等	3,399	0	3,399	3,443	0	3,443 (101%)
税金・管理費等	0	1,066	15,992	0	747	10,041 (63%)
物価上昇費	640	106	1,632	0	0	0
予備費	2,183	326	5,242	1,215	125	2,892
合計 (張家界含む)	24,000	4,298	68,264	23,939 (99%)	2,852 (66%)	62,285 (91%)
合計 (張家界除く)	—	—	—	19,682 (82%)	2,457 (52%)	52,717 (77%)

出所：計画値は交換公文、実績値は省プロジェクト弁公室提供資料。

*1：為替レート 1 元=10.3 円／物価上昇率（年）：外貨 1.2%・内貨 3.3%／予備費率外貨・内貨とも 10.0%／コスト積算基準時期 1999 年 10 月

*2：為替レート 1 元=13.44502 円（省プロジェクト弁公室提供）

土木工事費は計画比 109%と若干計画を上回ったものの、その他の費目については計画通り、もしくは計画内であった。事業費が計画内に収まった最も大きな要因は管理費を抑えたことと、一部税金の免除があったことである。なお、張家界市追加調達 9,568 百万円については、土木工事の未使用分、および予備費が計上されていたため、円借款（4,257 百万円）を活用することが承認され、総じて事業費は計画内に収まった。

3.4.2.2 事業期間

審査時における事業期間は 2000 年 3 月から 2004 年 12 月（58 カ月）を計画していたものの、実績は 2000 年 3 月から 2009 年 12 月（合計 118 カ月）と計画比 203%の大幅な遅延が生じた（表 15）。主な理由は、事業開始に 35 カ月の遅延が生じたことがその後の工程の開始に影響したこ

とと、土木工事に計画比 115%の若干の遅延が生じたことである。

表 15 事業期間：計画と実績

工程	計画	実績	開始 遅延*1	計画比
借款契約 (L/A) 締結～入札手続き	2000 年 3 月～2000 年 9 月 (7 カ月)	＜土木建築＞ 2000 年 3 月～2003 年 3 月 (37 カ月) ＜設備＞ 2006 年 3 月～2006 年 9 月 (7 カ月)	35 カ月	
入札・契約	2000 年 7 月～2001 年 6 月 (12 カ月)	＜土木建築＞ 2003 年 4 月～2004 年 3 月 (12 カ月) ＜設備＞ 2006 年 7 月～2007 年 1 月 (7 カ月)	34 カ月	
土木工事	2000 年 10 月～2004 年 12 月 (39 カ月)	2004 年 4 月～2008 年 5 月 (50 カ月)	43 カ月	115%
機材の購入・据付・試運転	2000 年 10 月～2004 年 12 月 (39 カ月)	2008 年 4 月～2009 年 10 月 (19 カ月)	91 カ月	49%
完成*2	2004 年 12 月	2009 年 12 月	—	—
事業全体	58 カ月	118 カ月	—	203%

出所：計画は JICA 審査時資料、実績は省プロジェクト弁公室提供資料

*1：当該工程の開始時期の実績について、計画と比較し、最大何カ月遅延したのかを示す。

*2：事業完成の定義は全てのサブプロジェクトの試運転完了。

L/A 締結から入札手続の開始までに最大 35 カ月の期間を要した主な理由は以下の通りであった。①L/A 締結前に審査・承認が完了している予定であった初期設計報告書について、発展改革委員会から一部見直しの要請があり、改定版について再審査が必要となりこのプロセスに時間を要した。最終的に初期設計報告書の承認は 2001 年 6 月となった。②L/A 締結は 2000 年 3 月であったものの、中国輸出入銀行と湖南省財政庁の転貸契約締結が 2001 年 1 月となり、湖南省政府による事業の本格的な始動が 2001 年 2 月となった。③実施機関が JICA の調達ガイドラインに慣れていなかったことに起因する手続きの不備等に加え、サブプロジェクトが多く、広範囲に分散していたため、各市・県政府の内部資金の調達状況、入札募集の計画、土地収用・住居移転の状況がそれぞれ異なり足並みを揃えるまでに時間を要した。

なお、貸付実行期限が 2008 年と 2009 年に 2 回延長されており、上記の理由以外に表 16 に示す遅延理由が挙げられている。

表 16 2回の貸付実行変更期限延長の詳細

	延長期間・延長後貸付実行期限・延長理由
第1回期限延長 (2008年)	- 延長期間：1年 - 延長後貸付実行期限：2009年1月22日 - 延長理由： - 事業実施中に発生したSARSの影響により、調達手続きや着工済み工事の進捗に遅延が生じた。 2005年6月に発生した洪水により着工済み工事の施工中断・復旧工事の実施が余儀なくされた。
第2回期限延長 (2009年)	- 延長期間：2年 - 延長後貸付実行期限：2011年1月22日 - 延長理由： - 人民元の対円レート・材料費高騰の影響により取水設備等のパッケージにかかる契約交渉に時間を要した - 契約合意に至った後も据付工事・検収手続きに時間を要した 2008～2009年に予想外の冬の洪水と凍害が発生し、工事の中断・工期の遅延を余儀なくされた

出所：JICA 提供資料。

なお、機材の購入・据付・試運転入札が計画比49%に収まった主な要因について省プロジェクト弁公室に確認したところ、湖南省円借款弁公室と各サブプロジェクト管理事業者が機材の据え付け、および試運転計画の管理を強化し、機材メーカーに技術者を計画の3倍に増員することを要請し、据え付けと調整を24時間連続で行うようにした。さらに、各サブプロジェクトにおいて実際の機材の管理者になる人員に機材の据え付けおよび調整に積極的に参加するよう求め、事業の理解度を増し、機材試運転の効率を高めたことで、据え付け、試運転の期間の大幅な短縮が可能となったことが確認できた。

以上の理由から、事業期間については計画を大幅に上回った。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

審査時ではEIRRのみ計算されており、16.4%であった。事後評価時には審査当時のEIRR計算方法について入手不可能であったことから、可能な限り、表17に示す通り、審査時と同じ費用と便益に関する情報を入手し、再計算を行った。事後評価時のEIRRは10.6%であり、中国で用いられている社会的割引率8%より若干高く、また、国際機関で用いられている社会的割引率10%～12%と比べてもその範囲内には収まっており、本事業の実施が社会的にも意味のある事業であったことを裏付ける結果となった。他方、中国の水利事業のEIRRが一般に6～7%であることを考慮した場合でも比較的高い結果となった。

表 17 審査時・事後評価時の経済的内部収益率（EIRR）の比較

審査時	事後評価時
• EIRR：16.4% • 費用：建設費用、維持管理費用 • 便益：想定被害総額（50 年確率） • プロジェクトライフ：50 年	• EIRR：10.6% • 費用：初期投資、運営・維持管理費 • 便益：想定被害総額 • プロジェクトライフ：50 年

出所：審査時の値はF/S、事後評価時の値は評価者が再計算したもの。

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）

3.5.1 運営・維持管理の体制

1) 事業実施中の運営

事業実施中の体制は審査時に計画されていた通り、事業全体の管理・統括は「プロジェクト指導小組（Project Leading Group: PLG、以下省 PLG）」が担当した。PLG は湖南省副省長を筆頭として計7名から構成されており、本事業の予算獲得等重要事項についての意思決定権を持ち、事業進捗を総合的に指導・監督の役割を担った。

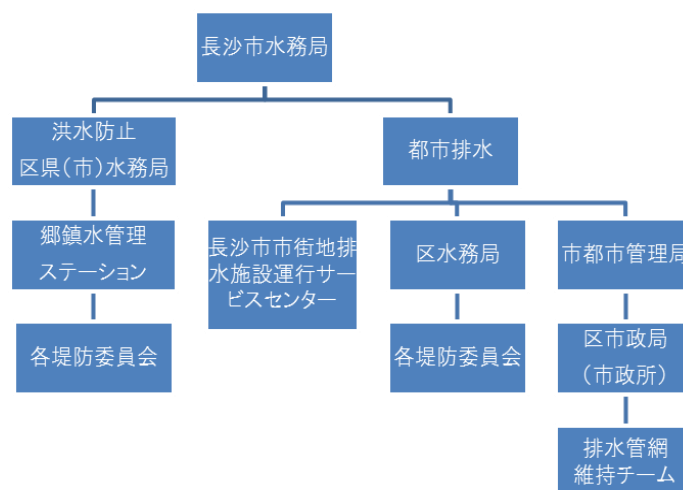
具体的な事業運営組織として「プロジェクト弁公室（Project Management Office：PMO、以下省 PMO）」が PLG のもとに立ち上げられ、省財政庁副処長を筆頭として、各市政府及び国際協力機構（JICA）との連絡・調整を行った。省 PMO は、その機能別に総務部、財務部、水利部、計画部、建設部、監理部、環境・住民移転部の 7 つの部より構成され、主に省財政庁および水利庁の人員が各部に充てられた。

省政府レベルの PLG と PMO 体制は、各サブプロジェクトの市・県政府の下でも同様に立ち上げられた。省政府との連絡・調整を図るために各市・県政府の長を筆頭にサブプロジェクト PLG を立ち上げ、実質的な実施部門としてサブプロジェクト PMO が各々の市・県における本事業の具体的な運営、管理、建設等を担当した。

2) 事業完成後の運営・維持管理

審査時に計画されたとおり、本事業完成後の運営・維持管理は各市・県政府が担当している。

22 サブプロジェクト全てにおいて、市・県政府の水利局もしくは水利管理委員会が洪水防御および都市排水事業の運営・維持管理を行っている。具体的な体制と指示系統の例として、図 4 に長沙市水務局の組織図を示す。



組織名	職務
長沙市水務局	全市の洪水防止および都市部・農村部の排水に関する行政管理
区県(市)水務局	管轄区内の洪水防止および排水に関する行政管理
鄉鎮水管理ステーション	管轄区内の洪水防止および排水に関する行政管理
各堤防委員会	堤防内の排水と幹線排水路の維持運行管理、堤防の水門と排水溝の維持管理
長沙市都市管理局	市水務局の委託で、市政道路下の都市排水管網の維持管理を行う。区市政局(所)が具体的な維持作業を行う
長沙市市街地排水施設運行サービスセンター	市水務局直属の二級単位(単位は機関の意味——訳注)、主要市街地の排水ポンプステーションと汚水汲上ポンプステーションの運行を行う

出所：長沙市水務局。

図4 長沙市洪水防止・都市排水運行維持管理体制

同類の体制が各市・県レベルに存在し、指示系統も明確であり、本事業の運営・維持管理体制について問題はない。

3.5.2 運営・維持管理の技術

1) 運営・維持管理の専門性

運営・維持管理の人員数は、各市・県、および洪水時の危険度合によって異なる。例えば、長江の入り口に位置する岳陽市の場合、「岳陽市長江修防処」が同市の洪水防止・都市排水運行維持管理を担当しており、洪水防止については技術者 32 名、事務職 48 人（合計 80 人）、都市排水については技術者 12 人、事務職 48 人（合計 60 人）と、サブプロジェクトの中でも組織の規模が大きい。他方、寧郷県の場合は、洪水防止については技術者 4 人、事務職 3 人（合計 7 人）、都市排水については技術者 6 人、事務職 2 人（合計 8 人）とより少人数である。総じて、人員数についてはそれぞれの市・県において概ね適切な人員数であるといえる。

研修制度や資格制度については、表 18 に示す研修を実施しているものの、サブプロジェクトによって内容や頻度、対象人数が大きく異なり、臨湘市のように「実施していない」というケースもあれば、常德市のように専門技術職業資格試験あり、上級エンジニア 8 人、エンジニア 15 人、洪水防御チーム合計 800 人が資格取得済みのようなケースもある。長沙市に至っては、各県・区は毎年治水関係の専門家を招き、増水期前に 480 人の関係者を対象に研修を行ってい

る。他方、訓練終了試験や資格については、業務技術訓練修了試験を実施していると回答したサブプロジェクトは22中11と5割のみであり、資格制度については「電機工作業操作資格証」があり、資格取得者がいると回答したのは3サブプロジェクトのみであった。

表 18 洪水防止・都市排水に関する研修制度や資格制度の例

	研修名	頻度	対象者
洪水防止	● 洪水防御・緊急修理技術訓練	年1回・2年に1回	技術部署の従業員
	● 専門職務訓練	年1回	専門技術要員
	● 水利施設の管理と維持	年1回	水利事業技術要員
	● 堤防保護の知識	不定期	堤防保護要員
	● 水利施設建設管理知識訓練	年1回	水利事業技術要員
都市排水	● 電子機械設備運営管理維持知識訓練	年1回	関連技術要員（工程技術要員及び設備オペレーター）
	● 電気工基礎知識訓練	年1回	
	● 都市排水機械設備の操作と保守	半年に1回	
	● 機械の自動制御	半年に1回	

出所：サブプロジェクト提供情報をもとに評価者がまとめたもの。

以上のとおり、研修や資格制度についてはサブプロジェクト間で大きな差がある。洞庭湖の防水を確実なものとし、本事業の効果の持続性を確保するための技術を保ちつつさらに向上するためには、全サブプロジェクトがある一定の技術レベルを確保する必要があることから、人材育成については省政府が各施設や工程に必要な研修・試験・資格を明確にし、統一した制度を徹底する必要があると思われる。

また、サブプロジェクトに各々の技術レベルについて確認したところ、22中13は、「現在の技術レベルは平均的であり、当面の維持管理は確保できているが、今後は技術向上が必要である」、「省レベルの上級主管部門のリーダーシップのもと研修制度を充実させる必要がある」と回答していることから、現在の技術レベルは本事業の効果の持続性を確保するために必要なレベルを満たしてはいるものの、今後の運営・維持管理の技術の向上に向けて改善が求められる。

2) 運営・維持管理のマニュアルや点検記録

全サブプロジェクトにおいて、詳細な「維持管理マニュアル」が存在し、点検の種類と頻度について、日常点検は週1度、定期点検は月1度、洪水防止点検は増水期前に1日1回実施している。加えて雨季に入る直前（4～5月）と直後（9月～10月）には全ての施設・設備の詳細点検を行っている。さらに、通常の運営・維持管理マニュアルとは別に、毎年増水期に備え、「洪水防止・応急処置対応策マニュアル」が作成されている。同マニュアルでは組織体制、巡回検査の頻度や時間帯、常備品の準備、避難計画等、非常に具体的且つ詳細な情報が記載されている。しかし、実査を行った水門1カ所とポンプ場1カ所では、点検記録は管理しているものの、錆による腐蝕が進んでいる他、水門の管理・操作を行う建物ではごみが散乱しており、設備と現場作業員の安全面に係わるような状況も見受けられ、清掃・整理整頓についても徹底するこ

とが必要な状況であった。本事業の効果の発現を持続させるためにも、特に水門やポンプ場などの設備について維持管理マニュアルの徹底が必要である。

3) 関連事業との連携

対中国の JICA 研修事業として、「総合的な河川及びダム管理」(2010 年)、「洪水関連災害防災専門家育成」(2009 年～2010 年)、「洪水ハザードマップ作成」(2007 年)が実施されているが、省 PMO に確認したところ、関連するニーズがあったにもかかわらず、これらの研修が実施されていたことを認識していなかった。円借款本事業の効果や持続性をさらに高めることにつながるため、事業実施中の技術協力(本邦研修)との連携を図ることも有効な手段であったと思われる。

3.5.3 運営・維持管理の財務

各サブプロジェクト管理事業所の運営・維持管理に関する経費の取得源は、主に「城市建设維持税¹⁵⁾」、「水利基金¹⁶⁾」、「防洪保安基金¹⁷⁾」の徴収に頼っている。従業員の賃金・福利厚生及び管理費は要員の状況をもとに決定し、地方財政割当経費で賄い、不足分は各サブプロジェクト管理事業所の各種営業収入で補足している。2004 年から 2012 年までの基本的な財務情報を収集したところ、平均して人件費(洪水防御および都市排水事業の運営・維持管理に携わっているスタッフ)は運営・維持管理費の 39%を、人件費以外の運営費用・維持管理費用は運営・維持管理費の 61%をそれぞれ占めている。また、添付資料 2 に示すとおり、全てのサブプロジェクトが黒字である。当面、経費の取得源は充足しており、日常的な運営管理の需要を満たすことはできており、運営・維持管理の財務面に関して、一定の持続性は確保されているといえる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

事業全体の現在の運営維持管理状況として、洪水防御事業(堤防・洪水壁、水路)は良好といえる。都市排水事業については、水路については良好であったものの、岳陽市 2 カ所、臨湘市、安郷県、張家界市、沅江市はそれぞれ 1 カ所の水門についてさびによる水門の腐蝕が生じていたことが判明した。なお、省 PMO によれば、これら 6 カ所の水門については、すでに亜鉛噴射によりさび防止対策をとっており、今後は、毎年の定期点検と 3 年おきの亜鉛噴射を徹底するとの

¹⁵⁾ 城市建设維持税は、国が増値税、消費税、営業税(「三税」と略称)を納付した単位および個人に対し、それらが納付した「三税」の税額に基づき算出および徴収する税の一種であり、主に都市計画建設、メンテナンス、防災関連事業に使われる。

¹⁶⁾ 水利基金は、国务院の決定に基づき設立された、治水建設に用いられる特別資金である。中央水利建設基金と地方水利建設基金から成る。中央水利建設基金は、主に国民経済および社会の発展の全局面に関わる大江大河重点工事のメンテナンスと建設に用いられる。地方水利建設基金は、地方重点水利工事建設プロジェクト、地方中小河川・湖の整備、地方重点土壌流失防止工事、重点洪水防止都市の洪水防止設備建設、地方治水工事のメンテナンス、その他省級人民政府の批准を経た水利工事業に用いられる。

¹⁷⁾ 湖南省内で独立採算制を採用している各種企業、および生産・経営収入のある事業単位から徴収し、洪水防止保安工事、危険性のあるダムの修理およびその他の治水工事のメンテナンス、ならびに洪水防止保安資金の徴収管理業務にかかる支出等に用いられる。同資金は必ずこの用途のみに用いるものとし、年度末決算後に生じた残額は、翌年度に繰越して用いることができる。

ことである。また、実査からは一部のポンプ場内での清掃および整理整頓が不十分で設備と作業員の安全確保についても改善すべき側面も見受けられた。事業の持続性を低下させるほどの大きな課題ではないが、特に都市排水事業のインフラ・設備の状況について、常に計画された機能が発揮できる状態に保つための体制やマニュアルに沿った維持管理の実施を徹底することが望まれる。

スペアパーツ等、メンテナンス環境については、設備のほとんどが中国製の機材であるため、必要が生じれば入手可能であり、各サブプロジェクトの PMO へのアンケート調査や聞き取り調査からもスペアパーツについて、これまでも特に問題は生じていないことが確認できた。

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

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、湖南省洞庭湖周辺の 22 都市の堤防・水門・ポンプ場を建設もしくは改修し、各都市の治水能力向上を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国の国家・省・市レベルの開発政策、開発ニーズ、日本の対中国援助政策と合致しており、妥当性は高い。事業完了後、全てのサブプロジェクトで治水基準点における流下能力が年最大流量を上回っている。また、治水基準点における計画最高水位が年最高水位を上回っており、総じて安全に洪水が流下していることが確認できた。特に、洪水防御基準（確率規模）が「10～20 年に一度」であった都市は「100～200 年に一度」、「5 年に一度」であった都市は「50 年に一度」、「4～10 年に一度」であった都市は「20 年に一度」へと大幅に改善していることが本事業の最大の効果といえる。その他、浸水面積、浸水時間、破堤または越流による年最大被害額等の効果指標についても、降水量の傾向は事業完了前と変化しないものの、ほぼ全てのサブプロジェクトで事業完了以降はゼロであり、効果の発現状況は良好と評価できる。また、住民の生活環境や企業のビジネス環境についてもインパクトが認められ、有効性・インパクトの達成度合いは高い。なお、事業費は計画内に収まったが、事業期間に大幅な遅延が生じており効率性は中程度となった。本事業によって発現した効果の持続性については、総じて維持管理体制、技術、財務についても大きな問題はなく、持続性は高い。

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

- (1) 受益者調査からは、雨量や洪水発生確率等についてよりタイムリーな情報提供を望む声が多かった。このためには省水利局が主導となり、各サブプロジェクトと連携をし、住民の声に応えるべく例えばハザードマップ等を作成し、公表するなど住民への情報提供を充実・徹底することが望まれる。

- (2) 大半のサブプロジェクト（22 件中 13 件）の水利局は、現在の運営・維持管理技術レベルは当面の維持管理を確保することのみを目的とした平均的なレベルであり、今後、技術の向上が必要であるとしている。今後、洞庭湖周辺の治水能力を統一した形で強化を図る必要があり、省レベルでの研修制度と資格試験等の導入を進め、徹底することが望まれる。具体的には、現在の研修・資格試験制度の棚卸を行い、内容を改定・アップデートし、より充実した内容と頻度で実施し、省全体で義務化することが必要である。さらにこれらの人材育成と現場の維持管理体制を連動させ、OJT（On the Job Training）等の体制も構築することが望まれる。これらを通じ、本事業の対象となった 22 のサブプロジェクトの統一した運営・維持管理の技術レベルを確保し、事業の持続性のさらなる強化が望まれる。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

- (1) 本事業は、事業開始までに 2 年以上の遅延が生じている。実施機関が本格的に事業を開始するためにクリアすべき手続き（本事業で例えば、中国輸出入銀行と湖南省財政庁の転貸契約締結等）に要する期間や、JICA 調達ガイドラインについて実施機関がどの程度理解し、効率よく実施することが可能か等、プロジェクト管理に各実施機関の現状に沿った、現実的なスケジュールを組み込む必要がある。また、本事業のように地理的に広範囲にわたる多数のサブプロジェクトから形成されている事業の場合、実施機関によるプロジェクト管理はもちろんのこと、JICA によるプロジェクト管理（具体的には、モニタリング内容や頻度を増やし、実施機関によるプロGRESSレポートの提出を徹底すること等）を強化することも検討する必要がある。
- (2) 技術協力（本邦研修）との連携は、円借款事業の効果および持続性を高めることにつながるといった事例もあるため、実施機関側に明確なニーズがある場合、JICA は研修について広く周知し連携を図ることが望まれる。本事業の場合、現在住民の洪水に関するタイムリーで的確な情報提供のニーズが高まっているため、例えば「洪水ハザードマップ作成」との連携などが効果的であったと思われる。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット a. 21サブプロジェクト 【洪水防御事業】 堤防・洪水壁新築 堤防・洪水壁改善 既存水路改修 【都市排水事業】 水門新改築 ポンプ新改築 水路新設 水路改築 b. 張家界市サブプロジェクト 【洪水防御事業】 堤防・洪水壁改善 【都市排水事業】 水門新改築 水路新設 アクセス道路	 90.029km 709.310km 139.640km 365箇所 64,474kW／146箇所 14.26km 97.07km — — — —	 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 計画通り 38.810km 8カ所 8.8km 26.47km
② 期間	2000年3月～ 2004年12月 (58ヶ月)	2000年3月～ 2009年12月 (118ヶ月)
③ 事業費 外貨 内貨 合計 うち円借款分 換算レート	24,000百万円 4,426百万円 (4,298百万 元) 68,264百万円 24,000百万円 1元＝10.3円 (1999年10月現在)	23,939百万円 38,446百万円 (2,852百万円) 62,385百万円 23,939百万円 1元＝13.44502 円 (実施機関提供)

以 上

添付資料 1-1

サブプロジェクト	洪水防御事業									
	計画値 (km)				実績値 (km)				計画比	
	堤防・洪水壁新築	堤防・洪水壁改善	既存水路改修	合計	堤防・洪水壁新築	堤防・洪水壁改善	既存水路改修	合計		
1 長沙市 Changsha City (省都)	7.18	103.31	7.44	117.93	7.18	103.31	7.44	117.93	100%	
2 瀏陽市 Liuyang City	20.07	2.074	24.6	46.744	20.07	2.074	24.6	46.744	100%	
3 岳陽市 Yueyang City (地級市)	1.484	20.03	—	21.514	1.484	20.03	—	21.514	100%	
4 臨湘市 Linxiang City	3	3.6	—	6.6	3	3.6	—	6.6	100%	
5 汨羅市 Miluo City	1.64	9.11	3.7	14.45	1.64	9.11	3.7	14.45	100%	
6 常德市 Changde City (地級市)	7.03	62.35	16	85.38	7.03	62.35	16	85.38	100%	
7 津市 Jinshi City	0.8	18.3	2	21.1	0.8	18.3	2	21.1	100%	
8 益陽市 Yiyang City (地級市)	16.025	29.52	79.2	124.75	16.025	29.52	79.2	124.75	100%	
9 長沙県 Changsha County	—	11.4	—	11.4	—	11.4	—	11.4	100%	
10 望城県 Wangcheng County	—	22.86	—	22.86	—	22.86	—	22.86	100%	
11 寧郷県 Ningxiang County	7.7	8.8	—	16.5	7.7	8.8	—	16.5	100%	
12 岳陽県 Yueyang County	0.8	14.98	—	15.78	0.8	14.98	—	15.78	100%	
13 華容県 Huarong County	4.98	5	—	9.98	4.98	5	—	9.98	100%	
14 湘陰県 Xiangyin Country	1.5	12.9	—	14.4	1.5	12.9	—	14.4	100%	
15 安郷県 Anxiang County	—	32.45	1.9	34.35	—	32.45	1.9	34.35	100%	
16 漢寿县 Hanshou County	2.6	16.2	—	18.8	2.6	16.2	—	18.8	100%	
17 澧県 Lixian County	—	17.372	—	17.372	—	17.365	—	17.365	99%	
18 桃源県 Taoyuan County	—	15.33	4.8	20.13	—	15.33	4.8	20.13	100%	
19 沅江市 Yuanjiang County	14.82	25.98	—	40.8	14.82	25.98	—	40.8	100%	
20 南県 Nanxian County	—	262.624	—	262.62	—	262.624	—	262.62	100%	
21 桃江県 Taojian County	0.4	15.12	—	15.52	0.4	15.12	—	15.52	100%	
22 張家界市 Zhangjiajie City (地級市)					—	38.81	—	—	—	
合計	90.029	709.31	139.64	938.98	90.029	748.113 (105%)	139.64	977.78	104%	

添付資料 1-2

サブプロジェクト		都市排水事業													計画比
		計画値						実績値							
		水門新改築	ポンプ新改築		水路新設	水路改築	水路改修合計	水門新改築	ポンプ新改築		水路新設	水路改築	水路改修合計		
		箇所	kW	箇所	km			箇所	kW	箇所	km				
1	長沙市 Changsha City (省都)	86	21,185	39	1.75	60.99	62.74	86	21,185	39	1.75	60.99	62.74	全項目 100%	
2	瀏陽市 Liuyang City	12	1,925	7	7.09	—	7.09	12	1,925	7	7.09	—	7.09		
3	岳陽市 Yueyang City (地級市)	8	3,180	16	—	—	0	8	3,180	16	—	—	0		
4	臨湘市 Linxiang City	9	930	2	—	1.5	1.5	9	930	2	—	1.5	1.5		
5	汨羅市 Mikuo City	4	1,550	2	5.12	—	5.12	4	1,550	2	5.12	—	5.12		
6	常德市 Changde City (地級市)	26	5,110	10	—	3.24	3.24	26	5,110	10	—	3.24	3.24		
7	津市 Jinshi City	10	310	1	—	2	2	10	310	1	—	2	2		
8	益陽市 Yiyang City (地級市)	40	5,080	12	—	—	0	40	5,080	12	—	—	0		
9	長沙県 Changsha County	14	530	4	—	11.25	11.25	14	530	4	—	11.25	11.25		
10	望城県 Wangcheng County	44	2,300	13	—	11.09	11.09	44	2,300	13	—	11.09	11.09		
11	寧郷県 Ningxiang County	29	1,550	4	—	3.5	3.5	29	1,550	4	—	3.5	3.5		
12	岳陽県 Yueyang County	18	2,015	5	—	—	0	18	2,015	5	—	—	0		
13	華容県 Huarong County	2	1,850	3	0.3	3.5	3.8	2	1,850	3	0.3	3.5	3.8		
14	湘陰県 Xiangyin Country	11	1,240	1	—	—	0	11	1,240	1	—	—	0		
15	安郷県 Anxiang County	—	725	3	—	—	0	—	725	3	—	—	0		
16	漢寿県 Hanshou County	14	1,600	1	—	—	0	14	1,600	1	—	—	0		
17	澧県 Lixian County	8	2,300	7	—	—	0	8	2,300	7	—	—	0		
18	桃源県 Taoyuan County	13	2,265	4	—	—	0	13	2,265	4	—	—	0		
19	沅江市 Yuanjiang County	8	1,600	1	—	—	0	8	1,600	1	—	—	0		
20	南県 Nanxian County	2	4,000	2	—	—	0	2	4,000	2	—	—	0		
21	桃江県 Taojian County	7	3,229	9	—	—	0	7	3,229	9	—	—	0		
22	張家界市 Zhangjiajie City (地級市)							8	—	—	8.8	—	8.8	—	
合計		365	64,474	146	14.26	97.07	111.33	373 計画比(102%)	64,474	146	23.06 計画比(162%)	97.07	120.13 計画比(108%)	—	

添付資料 2

サブプロジェクトの基本財務情報

単位：百万円

サブプロジェクト	項目	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	長沙市	収入*	2,300	2,450	2,550	2,700	2,850	2,900	3,000	3,100
		運営・維持管理費用	2,259	2,397	2,528	2,664	2,819	2,856	2,904	2,964
		収支	41	53	22	36	31	44	96	36
2	瀏陽市	収入*	250	250	260	270	285	290	295	300
		運営・維持管理費用	224	239	252	265	280	283	287	293
		収支	26	11	8	5	5	7	8	7
3	岳陽市	収入*	620	680	720	760	820	850	860	900
		運営・維持管理費用	613	665	708	753	809	824	849	884
		収支	7	15	12	7	11	26	11	16
4	臨湘市	収入*	145	160	180	180	210	210	210	220
		運営・維持管理費用	145	157	167	179	194	197	203	213
		収支	1	3	13	1	17	13	7	7
5	汨羅市	収入*	200	210	225	240	260	260	270	280
		運営・維持管理費用	192	209	222	235	253	257	264	275
		収支	8	1	3	5	7	3	6	5
6	常德市	収入*	1,650	1,750	1,850	1,950	2,050	2,100	2,100	2,150
		運営・維持管理費用	1,625	1,721	1,814	1,912	2,021	2,046	2,078	2,118
		収支	26	29	36	38	30	54	22	32
7	津市	収入*	340	375	400	450	460	470	490	520
		運営・維持管理費用	335	370	396	422	458	468	487	513
		収支	5	5	4	28	2	2	3	7
8	益陽市	収入*	800	850	850	900	950	1,000	1,000	1,050
		運営・維持管理費用	757	805	850	896	950	962	979	1,002
		収支	44	45	0	4	1	38	21	48
9	長沙県	収入*	150	155	165	175	185	195	200	205
		運営・維持管理費用	138	151	161	171	184	187	194	204
		収支	12	4	4	4	1	8	6	1
10	望城県	収入*	250	250	280	300	330	340	350	380
		運営・維持管理費用	220	249	270	291	320	328	344	368
		収支	30	1	10	9	10	12	6	12
11	寧郷県	収入*	165	175	185	195	205	205	205	210
		運営・維持管理費用	161	171	180	189	201	202	205	210
		収支	5	4	5	6	5	3	0	1
12	岳陽県	収入*	280	310	325	350	380	390	400	410
		運営・維持管理費用	279	303	324	345	371	377	389	406
		収支	1	7	1	5	9	13	11	4
13	華容県	収入*	300	320	350	370	400	420	420	440
		運営・維持管理費用	292	320	343	366	396	404	418	439
		収支	8	0	7	4	4	16	2	1
14	湘陰県	収入*	285	310	330	350	380	390	400	420
		運営・維持管理費用	282	307	328	349	376	383	395	413
		収支	3	3	2	1	4	7	5	7
15	安郷県	収入*	300	325	350	350	400	400	425	450
		運営・維持管理費用	271	302	325	348	381	390	408	433
		収支	29	23	25	2	19	10	17	17
16	漢寿県	収入*	400	400	420	450	480	490	500	520
		運営・維持管理費用	350	382	408	435	469	478	494	517
		収支	50	18	12	15	11	12	6	3
17	澧県	収入*	350	350	380	400	450	450	460	480
		運営・維持管理費用	317	347	370	394	426	434	450	472
		収支	34	3	10	6	25	16	10	8
18	桃源県	収入*	210	210	230	240	260	270	280	290
		運営・維持管理費用	188	207	221	235	255	259	269	283
		収支	23	3	9	5	6	11	11	7
19	沅江市	収入*	300	310	330	350	400	410	420	440
		運営・維持管理費用	270	302	326	350	384	392	410	437
		収支	31	8	4	0	17	18	10	3
20	南県	収入*	210	210	210	230	250	250	250	260
		運営・維持管理費用	182	196	208	221	236	240	246	256
		収支	28	14	2	9	14	10	4	4
21	桃江県	収入*	320	320	330	350	380	380	390	400
		運営・維持管理費用	285	307	326	345	369	375	385	399
		収支	35	13	4	5	11	5	5	1
22	張家界市	収入*	2,000	2,050	2,150	2,255	2,400	2,450	2,475	2,550
		運営・維持管理費用	1,902	2,024	2,139	2,257	2,392	2,424	2,469	2,526
		収支	98	26	11	-2	8	26	6	24

* 政府補助金、城市建設維持税、水利基金、防洪保安基金の合計