

## 0. 要旨

本事業は、重慶、大連、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想<sup>1</sup>」の一環として実施された。重慶市は、石炭に依存したエネルギー構造であり、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施や環境モニタリングシステムの整備は喫緊の課題であった。本事業の実施により、大気汚染物質排出削減量、脱硫装置の脱硫効率、モニタリングシステムの稼働時間などの目標値が達成し、概ね計画通りの効果の発現が見られる。また、大気質改善による生活環境の改善、環境管理能力の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。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



頭塘天然ガスステーション

### 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。とりわけ、工業原料、発電・暖房燃料としての石炭燃焼による二酸化硫黄<sup>2</sup> (Sulfur Dioxide、SO<sub>2</sub>)、総浮遊粒子物質<sup>3</sup> (Total Suspended Particular、TSP)、窒素酸化物<sup>4</sup> (Nitrogen

<sup>1</sup> 1997年日中首脳会談において提唱された。

<sup>2</sup> 主要な大気汚染物質の1つで、石炭や石油等、硫黄を含む燃料の燃焼により発生する気体。酸性雨の原因の1つ。

<sup>3</sup> 総浮遊粒子物質とは、大気中に浮遊する煤塵等の直径100ミクロン以下の粒子状物質のことである。煤塵は煤煙のひとつで、すすや燃えかすの固体粒子状物質のことをいう。

Oxide、NOx) の発生が深刻であり、主要都市の SO<sub>2</sub> 濃度及び TSP 濃度は国家基準を満たせないほど悪化していた。

本事業対象の重慶市の都市部においても、工業化や自動車台数の増加などに伴う深刻な大気汚染等の問題に直面していた。石炭に依存したエネルギー構造、重化学工業中心の産業構造等により、石炭燃焼の排ガスによる大気汚染が深刻化し、SO<sub>2</sub> の濃度は、都市居住地域に適応される国家環境大気質基準 2 級<sup>5</sup> (以下、国家 2 級基準) を大幅に超えていた。このような背景のもと、「環境モデル都市構想」のモデル都市の 1 つとして重慶市が選定され、本事業が実施されることとなった。

## 1.2 事業の概要

重慶市<sup>6</sup>において、1) 天然ガス供給システムの拡張 (以下、天然ガス供給サブプロジェクト)、2) 天然ガススタンドの建設、3) 重点汚染源自動モニタリングシステム<sup>7</sup>の整備、4) 重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置の 4 つのサブプロジェクトを実施することにより、大気質の改善を図り、もって重慶市の環境改善に寄与する。重慶市の本事業位置図を図 1<sup>8</sup>に示す。



図 1 案件位置図

<sup>4</sup> 窒素酸化物は石炭等の燃焼や自動車の走行に伴って発生する汚染物質であり、光化学スモッグの発生要因の一つである。

<sup>5</sup> 1996 年に批准された現行の基準 (GB3095-1996)。3 級に分けられ、1 級が一番厳しい基準。自然保護区には 1 級、商業地区、住宅地区、農村地区、一般工業地区には 2 級、特定工業地区には 3 級が適用される。

<sup>6</sup> JICA 審査時資料では、重慶市中心地域をモデル地区とする記述があるため、中心地域が主な対象地域と考えられる。しかし、汚染源モニタリングシステムの一部が郊外に点在し、かつ審査時資料及び M/D の事業目的でも対象地域を「重慶市」と記載していることから、「重慶市」とした。

<sup>7</sup> 化学工場や発電所、下水処理場等の重点汚染源の排気と排水を自動でモニタリングするシステム。本事業で整備したシステムは、モニタリングセンターや重点汚染源の排気・排水モニタリング設備等で構成される。アウトプットの詳細は、効率性参照。

<sup>8</sup> 重点汚染源自動モニタリングシステムサブプロジェクトはモデル地区全体を対象とするため、地理上の位置は記載していない。天然ガス供給サブプロジェクトもモデル地区全体を対象としているが、ガス貯蔵ステーションのみ記載した。天然ガススタンドサブプロジェクトは取消となったため、記載していない。

円借款承諾額 / 実行額	第一期 4,412 百万円/4,257 百万円 第二期 3,289 百万円/876 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	第一期 2000 年 3 月/2000 年 3 月、第二期 2001 年 3 月/2001 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75 % 返済 40 年 (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/重慶市人民政府
貸付完了	第一期 2009 年 12 月、第二期 2007 年 4 月
本体契約	China National Precision Machinery Import and Export Corp.
コンサルタント契約	なし
関連調査等 (フィジビリティ・スタディ : F/S) (if any)	天然ガススタンド : 重慶鋼鉄設計院 (2000 年 4 月)、重慶発電所脱硫装置 : 西南電力設計院 (1999 年 11 月)、モニタリングシステム : 重慶建築大学建築設計院 (1999 年 8 月)、天然ガス供給のガス貯蔵ステーション部分 : 中国市政華北設計研究院、パイプライン部分 : 中興集団、国際工程集団、重慶設計研究院、自動制御部分 : 重慶自動化研究所 (2000 年~2001 年)、以上 F/S 実施。 モニタリングシステム : SAPROF 実施 (2000 年 3 月)。
関連事業 (if any)	大阪市は自治体間協力として天然ガスの高度利用に関する技術協力を進めており、本事業はその基礎のうえに実施された。また、大阪市は重慶市のニーズを踏まえ、自動供給システムなどのガス供給技術、ボイラー・炉など工業分野の燃焼技術、ガス漏れなどの検知技術に関する共同研究を行った。

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

三浦順子 (グローバルリンクマネジメント株式会社)

### 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 : 2011 年 8 月~2012 年 9 月

現地調査 : 2011 年 11 月 13 日~26 日、2012 年 3 月 5 日~15 日

### 2.3 評価の制約

本事業のサブプロジェクトのうち、天然ガス供給サブプロジェクトは、市街区の中小ボイラーの天然ガス転換事業<sup>9</sup>の実施を推進することで、大気汚染物質の排出量削減を目指した。しかし、転換事業は本事業対象外であり、また、転換事業の完了から長期間経過しているため、転換された中小ボイラーの台数の実績と完了時期について報告書等による確認はできなかった。そこで、JICA 内部資料と重慶市環境保護局への聞き取り調査により確認し、評価を行った。

<sup>9</sup> 計画段階では、天然ガス転換事業も本事業の対象とすることが検討されたが、中小ボイラーが広範囲に分散しているため時間がかかる、中小ボイラー所有者が中小零細企業であるため外貨による借款事業になじまない、等の理由から対象から削除された。出所 : JICA 審査時資料。

### 3. 評価結果（レーティング：A<sup>10</sup>）

#### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>11</sup>）

##### 3.1.1 開発政策との整合性

###### 3.1.1.1 審査時の開発政策

審査時（2000年）の国家第9次環境保護5ヵ年計画（1996年～2000年）においては、主要な汚染物質の総排出量の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等を目標としていた。中国政府は、1995年大気汚染対策法<sup>12</sup>の改正により「SO<sub>2</sub>汚染抑制区」、「酸性雨抑制区」<sup>13</sup>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。第10次環境保護計画（2001年～2005年）においては、より一層環境改善を図るため、主要汚染物質の総排出量の2000年比10%削減、上記2つの抑制区ではSO<sub>2</sub>の総排出量の2000年比20%削減を目標とした。

重慶市の第9次環境保護5ヵ年計画（1996年～2000年）及び2010年長期計画では、年平均大気汚染濃度に関して、2005年までに国家2級基準の達成を目標としていた。目標値は以下の通り。

表1 重慶市の年平均大気汚染濃度の目標

単位：mg/m<sup>3</sup>

汚染物質	国家2級基準	2000年	2005年	2010年
SO <sub>2</sub>	0.06	0.15	0.06	0.06
TSP	0.20	0.25	0.20	0.20
NO <sub>x</sub>	0.05	0.07	0.05	0.05

出所：JICA 審査時資料

上記の目標達成に向けた対策として、1) クリーン燃焼技術と燃焼施設の改良、2) 民生用燃料の天然ガス化の推進、3) 排煙脱硫プロジェクトの推進の方針が打ち出された。

###### 3.1.1.2 事後評価時の開発政策

国家第11次環境保護5ヵ年計画（2006年～2010年）では、SO<sub>2</sub>排出量の10%削減、現行の同第12次計画（2011年～2015年）では、SO<sub>2</sub>排出量の8%削減を拘束性の目標として掲げた<sup>14</sup>。第11次計画における全国のSO<sub>2</sub>排出量削減目標10%は2,294万トンに相当し、第12次計画における同目標8%は2,086万トンに相当する。同目標を達成

<sup>10</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」。

<sup>11</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」。

<sup>12</sup> 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ている。大気汚染対策法は、1987年に制定され、1995年、2000年に改正された。大気汚染の排出規制の基本は、汚染物質の排出源に対する濃度による規制である。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。また、地方政府は、国が未制定のものについて地方基準を定めたり、国家基準より厳しい地方基準を定めることもできる。

<sup>13</sup> SO<sub>2</sub>汚染抑制区は、SO<sub>2</sub>汚染の深刻な地域、酸性雨抑制区は既に酸性雨が発生しているか、もしくは発生する可能性がある地域である。重慶市の市街区及び一部の県は、酸性雨抑制区に指定されている。

<sup>14</sup> 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ヵ年計画で初めて導入された。

するため省毎に目標が設定されており、重慶市では、前者においては 83.7 万トンから 73.7 万トンに（削減率 11.9%）、後者においては 60.9 万トンから 56.6 万トン（削減率 7.1%）に削減することが目標として掲げられた。

重慶市第 11 次環境保護 5 ヶ年計画（2006 年～2010 年）においては、国家 2 級基準の年間達成日数 290 日を目標とし、SO<sub>2</sub> や排煙、粉塵の削減、自動車排気ガスの規制強化を打ち出した。また、天然ガスに関しては、年間利用量を 2005 年の 36 億 m<sup>3</sup> から 2010 年までに 78 億 m<sup>3</sup> に引き上げ、全エネルギー消費量における天然ガスの比率を 14.2% から 20% に引き上げることを目標に掲げていた。現行の重慶市第 12 次環境保護 5 ヶ年計画（2011 年～2015 年）においては、環境政策がより一層強化され、主要な汚染物質の年平均大気汚染濃度の国家 2 級基準達成、同基準 2 級の年間達成日数 311 日、酸性雨頻度 45% 以内を目標としている。

### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時においては、重慶市の都市部では、工業化や自動車台数の増加などに伴う深刻な大気汚染等の問題に直面していた。エネルギー源の石炭への依存、重化学工業中心の産業構造等により、石炭燃焼の排ガスによる大気汚染が深刻化しており、SO<sub>2</sub> の濃度は、国家 2 級基準を大幅に超えていた。重慶市の市街区<sup>15</sup>及び一部の県は、1998 年「酸性雨抑制区」の指定を受け、汚染対策の強化を図った。これに先んじて、重慶市は、1997 年「重慶市石炭燃焼に伴う二氧化硫黄汚染管理弁法」を制定し、硫黄分 1% 以上の石炭を利用する発電所における脱硫装置の設置などにより SO<sub>2</sub> 削減を義務付けた。特に、本事業対象の九龍発電所西工場は市街区の居住区に隣接していたため、SO<sub>2</sub> や煤塵の削減が望まれていた。

一方、重慶市は天然ガス資源が豊富であり、審査時、中国石油天然ガス公司による天然ガス年間生産量は 36.54 億 m<sup>3</sup> で、重慶市への供給量は 20 億 m<sup>3</sup>（うち工業用大口需要家 14 億 m<sup>3</sup>、都市ガス 6 億 m<sup>3</sup>）、四川省と雲南省への供給量は 16.54 億 m<sup>3</sup> であった。重慶市第 9 次 5 ヶ年計画（1996 年～2000 年）では民生用燃料のガス化推進を目指していたが、審査時の都市ガス供給能力は 6 億 m<sup>3</sup>/年と限られていたため、供給能力を拡大する必要性があった。さらに、重慶市は、科学技術委員会クリーン自動車行動第 13 号の制定により、2001 年末までに市街地のすべてのバスやタクシーを天然ガス化することを義務付けたことから、天然ガスの効率的な貯蔵・供給システムの構築が喫緊の課題となった。

右のような大気汚染対策を集中的に実施すると同時に、環境管理能力の強化も急がれていた。2003 年、排污費（汚染物排出費）徴収使用管理条例（国务院令 369 号）が施行され、排污費を適切かつ迅速に算出するため、重点汚染源モニタリングシステムの整備等により汚染物質排出量の正確かつ迅速な測定の必要性が高まった。

審査時以降も、重慶市の都市化、経済発展に伴い、大気汚染対策の必要性は一層高

<sup>15</sup> 渝中区、江北区、沙坪壩区、南岸区、九龍坡区、大渡口、渝北区等。

まっており、審査時には義務付けられていなかったオンラインのモニタリングシステムの設置も、現在は各省/市に義務付けられている。

### 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、当時 JBIC）の海外経済協力業務実施方針において、環境を対中国円借款の重点3分野の1つとしていた。また、同行の国別業務実施方針においても、中国の環境問題を地球規模的問題と位置づけ、大気汚染対策などを通じた支援を重点的に検討する方針としていた。日本政府の対中経済協力計画（2001年）では、環境、内陸部の貧困緩和及び社会開発、人材育成、制度づくり、技術移転等を優先分野とし、「環境問題等、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。また、本事業は、1997年、日中首脳会談（当時、橋本龍太郎首相と李鵬首相）にて提唱された「環境モデル都市構想」に沿って実施されたものであり、日本の援助政策との整合性は高い。モデル都市の選定にあたっては、深刻な大気汚染状況（重慶市、貴陽市）、過去の日中協力実績（大連市）が考慮された。

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（レーティング：③）

### 3.2.1 定量的効果

#### 3.2.1.1 運用・効果指標

##### (1) 大気汚染物質排出量及び削減量

##### 【天然ガス供給サブプロジェクト】

本事業は、天然ガス供給サブプロジェクト（本事業対象）により、市街区の中小ボイラーの天然ガス転換事業（本事業対象外）の実施を推進することで、大気汚染物質の排出量削減を目指した。したがって、本調査では、本事業及び転換事業が計画どおり実施されたか確認することとした。表2に、大気汚染物質排出量の計画と実績、表3に、表2の根拠となった、ボイラー転換事業実施前後の熱源毎の石炭消費量、SO<sub>2</sub>、TSP、NO<sub>x</sub>の排出量を示す。

表2 重慶市街区の中小ボイラーからの大気汚染物質排出量（計画/実績）

単位：トン/年

指標	基準	事業完成後の計画	事業完成後の実績
	2000年	2003年	2001年
SO <sub>2</sub>	274,000	194,980 (-79,020)	194,980
TSP	43,000	29,830 (-13,170)	29,830
NO <sub>x</sub>	32,100	27,470 (-4,630)	27,470

出所：基準と計画は JICA 審査時資料。実績は重慶市環境保護局への聞き取り調査。

注：（ ）内の数字は、本事業により推進される中小ボイラーの天然ガス転換事業を通じて達成される削減量の試算。

表3 重慶市街区のボイラー転換事業実施前後の熱源毎の石炭消費量、SO<sub>2</sub>、TSP、NO<sub>x</sub>の排出量

単位：トン/年（ボイラーの台数を除く）

種別	大型ボイラー転換事業	中小ボイラー転換事業（本事業の効果として想定）					
項目	>10t/hボイラー	10t/h以下ボイラー	湯沸かし器	かまど	家庭用	合計	
台数(台)	30	1,153	1,500	18,500	18万戸		
石炭消費量	事業前	3,013,000	867,000	197,000	179,000	144,000	4,400,000
	事業後	0	0	0	0	36,900	36,900
	削減量	3,013,000	867,000	197,000	179,000	107,100	4,363,100
SO <sub>2</sub>	事業前	191,000	49,000	13,100	11,600	9,300	274,000
	事業後	0	270	40	1,210	2,460	3,980
	削減量	191,000	48,730	13,060	10,390	6,840	270,020
TSP	事業前	28,900	7,500	2,500	2,300	1,800	43,000
	事業後	0	120	20	260	530	930
	削減量	28,900	7,380	2,480	2,040	1,270	42,070
NO <sub>x</sub>	事業前	25,700	5,300	600	260	240	32,100
	事業後	0	1,460	190	40	80	1,770
	削減量	25,700	3,840	410	220	160	30,330

出所：JICA 審査時資料に基づいて作成。

本事業が計画どおり完成したこと（効率性のアウトプット参照）、中小ボイラー転換事業が2001年6月に完成<sup>16</sup>したことから、目標値は達成されたと判断される。ただし、評価の制約で述べたとおり、転換された中小ボイラーの台数の実績と完了時期については、報告書等による確認ができなかったため、JICA 内部資料と重慶市環境保護局への聞き取り調査により確認し、評価を行った。

なお、審査時には中小ボイラー（10t/h以下）の天然ガス転換事業による効果までを想定していたが、10t/hより大きい大型ボイラーの転換事業も2006年までに完了し<sup>17</sup>、かつ天然ガス供給戸数（一般家庭）も過去10年で56万戸から260万戸に増加していることから、大気汚染物質が本事業の目標値以上に削減されたことが推測される。

【重慶九龍発電所西工場排煙脱硫装置サブプロジェクト】

SO<sub>2</sub>排出量の基準、計画、実績を表4に示す。SO<sub>2</sub>排出量の前提となる発電量についても参考として下表に示した。

表4 発電量及びSO<sub>2</sub>排出量（計画/実績）

単位：年間発電量はGWh、SO<sub>2</sub>はトン/年

指標	基準 (注1)	事業完成後の 計画(注2)	実績						
			2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
発電量 (参考)	1,163	1,000~1,200	1,152	1,224	1,049	814	975	1,060	1,203
SO <sub>2</sub> 排出量	40,000	2,000 (-38,000)	23,064	8,052	4,129	4,055	4,242	3,709	2,921

出所：基準値と目標値はJICA 審査時資料。実績値は、重慶九龍電力質問票回答。

注1：年間発電量は1997年の実績。SO<sub>2</sub>排出量は2000年の実績。

注2：発電量については需要予測。SO<sub>2</sub>の（ ）内の数値は、石灰石膏法脱硫装置の設置による削減を想定に基づいて計算した削減分を示す。

<sup>16</sup> JICA 内部資料。

<sup>17</sup> 重慶市環境保護局への聞き取り調査。



発電量は、2008年、2009年に需要が減少したのを除いて、ほぼ計画通りである。SO<sub>2</sub>排出量が2005年、2006年に高いのは、排煙脱硫装置の試運転及び調整が行われたためである。事業完成2年後にあたる2007年から2010年のSO<sub>2</sub>排出量は約4,000トン/年で推移しており、計画の2,000トン/年に及ばないが、基準値からの削減量は約3.6万トン/年で、計画比約95%（3.6万トン÷3.8万トン）である。また、事後評価時の2011年のSO<sub>2</sub>排出量は2,921トン/年であり、削減量は37,079トン/年で、計画比97%（3.7万トン÷3.8万トン）である。以上から、目標はほぼ達成されたと判断される<sup>18</sup>。なお、SO<sub>2</sub>排出基準は審査時より厳しくなっており、2001年の排出基準は8,250トン/年であったが、2011年は4,000トン/年となった。2011年のSO<sub>2</sub>排出量は現行の基準を満たしていることから、問題ないと言える。

### (2) 重点汚染源モニタリングシステムの稼働時間

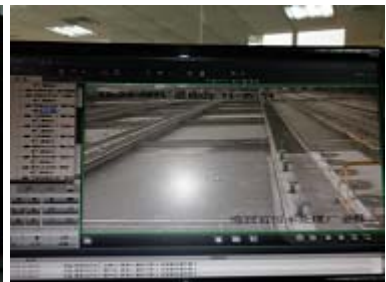
重点汚染源モニタリングシステムは、メンテナンスによる停止時間を除き、計画通り、24時間365日、計8,760時間/年、稼働している<sup>19</sup>。サブプロジェクトの実施主体は重慶市環境保護局であり、モニタリングシステムの運営・維持管理（ネットワークや送信設備の維持管理、データ収集等）は重慶市環境保護信息中心（環境保護局の下部組織）が行っている。また、各重点汚染源の観測設備の日常点検、清掃、機材の校正や修理は、重慶佳興環境工程有限公司に委託している。（アウトプットの詳細は効率性参照）。



中央モニタリングセンター



重点汚染源及び観測項目一覧



鷄冠石下水処理場の監視カメラのリアルタイムの映像

### (3) 重慶九龍発電所西工場排煙脱硫装置の脱硫効率

表5に重慶九龍発電所西工場の脱硫効率の計画と実績を示す。2005年の事業完成から事後評価時の2011年までの脱硫効率は89.5%～94.5%で推移しており、計画値（95%以上）を若干下回った。しかし、2005年以降、常に計画値の9割以上を維持しており、2011年の脱硫効率も計画の96%（91.4%÷95.0%）である。よって、目標はほぼ達成されたと判断される。

<sup>18</sup> TSP排出削減量も指標として設定されていたが、TSP削減の前提となる集塵機などが本事業の内貨、外貨いずれにも含まれていないことが審査時資料及び九龍発電所への聞き取り調査により確認されたことから、評価対象外とした。

<sup>19</sup> 出所：重慶市環境保護局質問票回答。



表 5 脱硫効率（計画/実績）

単位：%

指標	事業完成後の計画	実績						
		2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
脱硫効率	95.0%以上	94.5	91.9	91.4	92.0	89.5	91.3	91.4

出所：重慶九龍電力公司質問票回答。



重慶九龍電力西工場全貌



設置された脱硫装置全貌



中央管制室

### 3.2.2 定性的効果

#### 3.2.2.1 天然ガスの供給量および供給戸数の増大

指標としては設定されていないが、本事業などにより重慶燃気公司による天然ガスの供給量や供給戸数の増大が確認された。供給量及び供給戸数の計画と実績を表6と7に示す。供給量は2001年～2010年の間に約3.3倍に増加した。同じく2001年～2010年の間に、一般家庭の供給戸数は約4.9倍、公共施設・工場等の供給戸数は約9.2倍になった。

表 6 天然ガス供給量（基準/計画/実績）

単位：m<sup>3</sup>/年

	基準（2001年）	計画（事業完成）	実績（2010年）
ガス供給量	約 5.83 億	約 15.54 億	約 20 億

出所：基準は JICA 審査時資料。実績は重慶燃気集团公司提供データ。

表 7 天然ガス供給戸数（基準/実績）

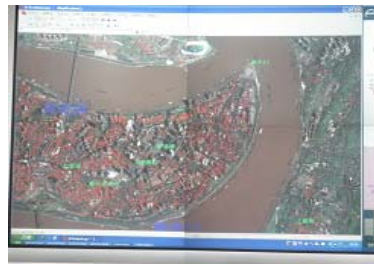
単位：戸

	一般家庭		公共施設・商業施設・工場	
	基準（2001年）	実績（2010年）	基準（2001年）	実績（2010年）
供給戸数	約 53 万	約 260 万	6,505	約 60,000

出所：基準は JICA 審査時資料。実績は重慶燃気集团公司提供データ。

このほか、同公司はガススタンドに対しても天然ガスを供給している。事前評価時の重慶市内の天然ガススタンドは9カ所であったが、2001年に重慶市内のタクシー及びバスの天然ガス化が義務付けられたことにより、事後評価時、重慶市の天然ガススタンドは70カ所以上である<sup>20</sup>。

<sup>20</sup> 出所：重慶燃気集团公司への聞き取り調査。天然ガススタンドは、中国石油、中国石油化学、重慶燃気集団/重慶市公共交通集団（合弁）など複数の企業により運営されている。



頭糖ガス貯蔵ステーション 自動制御 (SCADA) システム<sup>21</sup>  
濾過機

で見た天然ガス供給状況  
(赤い部分が供給先)

重慶市内の天然ガスの  
路線バス  
(本事業対象外)

### 3.3 インパクト

#### 3.3.1 インパクトの発現状況

##### 3.3.1.1 重慶市における大気質の改善

1996年から現在まで適用されている国家2級基準では、審査時に本事業の成果指標として設定されたSO<sub>2</sub>、TSP、NO<sub>x</sub>の年平均濃度のほか、吸入可能粒子状物質<sup>22</sup>(Particulate Matter less than 10 micron、以下PM10)や二酸化窒素(Nitrogen Dioxide、以下NO<sub>2</sub>)等の平均濃度の限界値を定めている。重慶市では他の都市と同様、TSP、NO<sub>x</sub>に代わり、PM10、NO<sub>2</sub>を主要指標としてモニタリングしており、本調査で得られたデータもSO<sub>2</sub>、PM10、NO<sub>2</sub>である。したがって、表8に、SO<sub>2</sub>、TSP、PM10、NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>の基準、計画、実績を示す。

また、表8のとおり、JICA審査時資料には基準のデータとして、1999年の「重慶市」の年平均大気汚染濃度が記載されているが、重慶市全体のデータか、重慶市市街区のデータか不明である。事後評価時、重慶市環境保護局から得られた実績データは重慶市市街区の年平均大気汚染濃度であり、単純に比較できない。よって、本調査では計画(国家2級基準)と重慶市市街区のSO<sub>2</sub>、PM10、NO<sub>2</sub>の実績を比較する。

表8 重慶市(市街区)の年平均大気汚染濃度(基準/計画/実績)

単位: mg/m<sup>3</sup>

項目	重慶市基準	計画(国家2級基準)	重慶市市街区実績			
	1999年	2005年/2010年	2005年	2009年	2010年	2011年
SO <sub>2</sub>	0.171	0.060	0.073	0.053	0.048	0.038
TSP	0.204	0.200	NA	NA	NA	NA
PM10	NA	0.100	0.120	0.105	0.102	0.093
NO <sub>x</sub>	0.062	0.050	NA	NA	NA	NA
NO <sub>2</sub>	NA	0.040	0.048	0.037	0.039	0.032

出所: 基準と計画はJICA審査時資料。実績は重慶市環境公報、重慶市環境保護局提供データ。

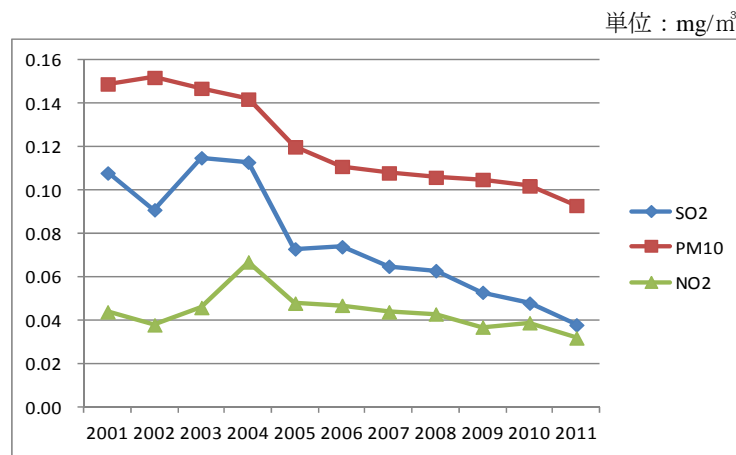
注: 計画は重慶市環境保護第9次5ヵ年計画(1996-2000年)及び2010年長期計画における数値。

<sup>21</sup> 地理的に分散している天然ガスパイプラインなどを一元的に監視制御するシステム。

<sup>22</sup> 空気動力学径10マイクロメートルにおいて捕集効率が50%となる粒子であり、世界的に一般に用いられる定義。

重慶市環境保護第9次5ヵ年計画（1996年～2000年）及び2010年長期計画では、本事業を含む環境改善対策等により、2005年までに国家2級基準達成を目指していた。表8のとおり、2005年時点では、SO<sub>2</sub>、PM10、NO<sub>2</sub>、いずれの項目も計画を達成しなかった。しかしながら、本事業完成の2009年、SO<sub>2</sub>とNO<sub>2</sub>が計画を達成し、事業完成2年後にあたる2011年には、PM10も計画を達成した。

2001年～2011年までの年平均大気汚染濃度の推移を図2に示す。図2のとおり、SO<sub>2</sub>とNO<sub>2</sub>は2002年から2004年にかけて濃度が上昇していたが、2005年以降減少傾向にある。PM10は2001年から2004年まで横ばいだったが、2005年以降減少傾向にある。



出所：重慶市環境公報、重慶市環境保護局提供データ。

図2 重慶市市街区の年平均大気汚染濃度（実績）

また、指標としては設定されていないが、国家2級基準の年間達成日数は下表のとおりである。重慶市第11次5ヵ年計画（2006年～2010年）の目標は290日であり、2008年以降毎年目標を達成している。同第12次計画（2011年～2015年）の目標は311日であり、2011年は目標を達成した。

表9 国家基準2級達成年間日数

単位：日

年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
日数	207	221	238	243	266	287	289	296	303	311	324

出所：重慶市環境公報、重慶市環境保護局提供データ。

以上から、重慶市市街区の大気質は改善したと判断される。汚染物質削減を目的として市街区で実施されたサブプロジェクトは2案件のみであることから、大気質の改善への直接的な定量的貢献は限定的であると考えられる。京都大学大学院が実施した、JICA（当時JBIC）受託研究「中国環境円借款貢献度評価に係る調査－中国環境改善への支援（大気・水）－」（2005年）の試算では、2003年の重慶市のSO<sub>2</sub>総排出量（約105万トン）に占める本事業による削減量（約11.4万トン）の割合見込みは10.8%であった。しかしながら、いずれのサブプロジェクトも定量的には測れない重要な役割を

果たした。重慶九龍発電所西工場は小規模であるが、市街区における大気質改善の重要性から、重慶市内の発電所 30 ヶ所のうち、2 番目に脱硫装置が設置され、特に市街区の SO<sub>2</sub> 削減に貢献した。また、天然ガス供給サブプロジェクトは、中小ボイラーの天然ガス転換のみならず、2001 年に天然ガス化が義務化されたタクシー、バスに安定的に天然ガスを供給することで、SO<sub>2</sub> や TSP の削減に寄与したと考えられる。

### 3.3.1.2 市民の大気質改善に関する認識・評価

重慶九龍発電所西工場のある九龍坡区黄桷坪地区の住民 50 人、沙坪壩区の住民やタクシードライバーなど 50 人（計 100 人<sup>23</sup>）に対して受益者調査を実施した。

受益者調査によると、75%が（大気質が）大幅に改善した、24%がやや改善した、1%が変化なしと回答し、悪化したという回答はゼロだった。改善し始めた時期については、2005 年 27%、2006 年 51%、2007 年 11%と、2005 年～2007 年頃から改善し始めたという回答者が約 9 割を占めた。この時期は重慶市の年平均大気汚染濃度が下がった時期とも一致する。

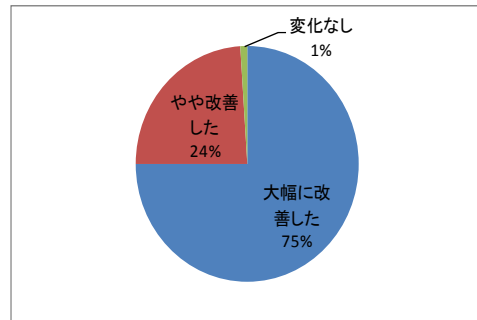


図3 大気質改善に関する市民の認識 (N=100)

大気質改善の理由としては、下記が挙げられた（複数回答可）。家庭における石炭の利用の減少（63%）、工場の郊外への移転（60%）、工場による石炭の利用の減少（42%）、工場からの汚染物質排出に対する規制（35%）、工場からの汚染物質の先進技術による減少（32%）、自動車からの排ガスに対する規制（7%）。63%の回答者が「家庭における石炭の利用の減少」を理由として挙げた背景には、天然ガスが家庭に広く普及していることが考えられる。

### 3.3.1.3 大気質改善による生活環境の改善

大気質改善の効果として、以下が挙げられた（複数回答可）。埃による衣類の汚れが減った（61%）、洗濯物を屋外に干すことができるようになった（45%）、目の痛みや咳が減った（10%）、埃よけ用マスクやサングラスの使用頻度が減った（1%）。

### 3.3.1.4 行政の環境管理能力の向上

重慶市政府は、2003年の排污費徴収使用管理条例に基づき、2007年、排出基準を超えた企業に対して観測データに基づいて日割りで罰金を科すことを定めた「重慶環境保護条例」を發布した。本事業は、重点汚染源の自動モニタリングシステムの整備により環境モニタリング能力の向上に貢献すると共に、リアルタイムの客観的データに基づく排污費の徴収や排出量データの環境行政での活用を可能にした。同システムを

<sup>23</sup> 所有車の種類についても確認したところ、ガソリン車 21 人、ハイブリッド 0 人、天然ガス車 14 人、車を持っていないが 65 人だった。天然ガス車の所有者はタクシーやバスドライバーだった。

導入する以前は、観測員が各重点汚染源を定期的に訪問し、簡便な機材を用いてデータを収集・記録していた。データをオンラインでモニタリングセンターに伝送するシステムでなかったために、汚染物質の排出データと企業の排出行為との因果関係を示す証拠が十分でなく、企業に罰金を科す際に支障が生じることがあった。現在、排出量のデータは、排污許可証の発行、排污費や罰金の徴収、補助金の割り当て、排出総量規制などの環境行政や政策決定に広く利用されている。事業完成後、本事業により整備されたモニタリングシステムのプラットフォームと重点汚染源計 30 ヶ所は、自己資金で 7 つのサブモニタリングセンターと 300 企業 400 ヶ所に連結され、重慶市の環境行政の主要な管理ツールとなっている。

---

### コラム 排污費徴収制度実施における 重点汚染源自動モニタリングシステムが果たす役割

中国の排污費徴収制度は、ドイツの制度を参考に 1979 年の環境保護法において規定され、現行の制度は 2003 年の排污費徴収使用管理条例に基づいている。2003 年以前の制度では、汚水、排ガス、固体廃棄物に関して、基準排出量からの超過分についてのみ排污費を支払っていたのに対し、2003 年以降の制度では汚染排出量の総量に対し排污費を支払うこととなった。さらに基準を超えて排出する場合は罰金が科せられることになった。また、対象となる汚染物質も 1 種類から 3 種類に増え、汚染物質の種類ごとに汚染当量が計算され、合計して排污費を算出されることになった。排污費の用途は、①重点汚染源における汚染の防止及び処理、②広域汚染の防止及び処理、③汚染の防止または処理する新技術の開発、普及及び応用、④国務院が定める汚染の防止及び処理、の 4 つである。

現行の制度では、基準は守っていても排出総量に応じて排污費の支払額が増加するため、企業にとっては以前の制度より負担が増した。それゆえ、企業の理解を得るうえでも、自動モニタリングシステムによる排出量の客観的な把握がより一層重要になったと言える。一方、罰金に関しては、自動システムの導入により、各企業が正確かつリアルタイムに排出量を把握したり、事前に措置を講じたりすることができるようになったことで、罰金の発生が最小限に抑えられるという企業側にとっての経済的メリットも指摘されている。例えば、重慶市のモニタリングセンターでは、排出量が基準を超えた場合、自動的に検知できるように設定されており、即時工場に通知する体制になっている。通知を受けた工場は措置をとる猶予が 3 時間与えられており、3 時間経過しても値が改善しない場合のみ、罰金が課せられるシステムになっている。

排出量データは排污費徴収制度の根幹に関わるものであり、排出量が正確かつリアルタイムにモニタリングされなければ、排污費徴収制度が適切に機能することは難しい。その意味で、重慶市の自動モニタリングシステムの構築をハード面で支えた本事業は、排污費徴収制度の実施にも一定の貢献をしたと言える。

---

参考文献： JICA（当時 JBIC）受託研究「中国環境円借款貢献度評価に係る調査－中国環境改善への支援（大気・水）－」、京都大学大学院、2005 年、及び重慶市環境保護局質問票回答。

### 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

天然ガス供給サブプロジェクトでは、建設期間中、ガスステーションのコンプレッサーの騒音を抑制するため、防音設備を設置した。また、施工管理の徹底により、工事による粉塵、騒音、土壌流出等を抑制した<sup>24</sup>。重点汚染源モニタリングシステムのサブプロジェクトでは、大規模な工事は行われておらず、特に問題も指摘されていない。重慶九龍発電所西工場には、上記サブプロジェクトにより排気自動観測点が設置され、環境モニタリングも適切に行われている。受益者調査結果によると、西工場のある九龍区の住民全員が、排煙脱硫装置の設置期間中、騒音や振動などの問題はなかったと回答した。排煙脱硫装置からの排出物（石膏、廃水等）の処理は重慶電場に委託し、適切に行われている。また、石膏は年間約 13 万トン排出されており、重慶沽宇脱硫石膏综合利用有限公司により凝固材として再利用されている<sup>25</sup>。

実施主体への質問票及び受益者調査の結果から、その他自然環境へのマイナスのインパクトは認められなかった。

#### 3.3.2.2 住民移転・用地取得

天然ガス供給サブプロジェクトの住民移転と用地取得の計画と実績を表 10 に示す。用地取得はほぼ計画通りであった。住民移転については、計画の 100 人に対して実績は 80 人であった。減少した理由として、審査時予定していた五台山ガス貯蔵ステーションが取消しとなったこと、六店子ステーションの取得用地が計画地と若干ずれたこと等が考えられるが、詳細は不明である。実施主体によると、住民移転の手続きは重慶市土地資源局により実施され、補償金は土地法に基づき適切に支払われたとのことである<sup>26</sup>。受益者調査においても、特に問題は指摘されなかった。その他のサブプロジェクトでは住民移転及び用地取得は生じていない。

表 10 住民移転と用地取得（計画/実績）

住民移転		用地取得	
計画	実績	計画	実績
100 人	80 人	約 6ha	6.03ha

出所：計画は JICA 審査時資料。実績は重慶燃気公司質問票回答。

#### 3.3.2.3 その他正負のインパクト

重慶市環境保護局は、本事業を通じて全国に先駆けて汚染源自動モニタリングシステムという新しい管理方法を導入し、同システムの運用の義務化に成功した<sup>27</sup>。これにより、パイオニアとして蓄積したシステムの管理方法や設備の仕様に関する知見と経

<sup>24</sup> 出所：重慶燃気集团公司質問票回答。

<sup>25</sup> 出所：重慶九龍発電所質問票回答。

<sup>26</sup> 出所：重慶燃気集团公司質問票回答、聞き取り調査。

<sup>27</sup> 一般大気環境モニタリングについても、1994 年から市内 5 ヶ所において自動モニタリングシステムを運用している。



験を国家環境保護部に提供することが可能となり、結果として中国における同システムの普及にも貢献したとのことである。また、四川省、広西省、山西省等多数の環境保護局が重慶市のシステムの視察に訪れており、システム構築の参考にしている。

重慶市環境保護局によると、自動モニタリングによる 24 時間監視により、企業は自発的に汚染物質の削減に努めるようになり、結果として大気質や水質の改善や長江三峡貯水区の生態系の保護にも寄与しているという見解を示している。また、リアルタイムの監視は、企業側にとっての経済的効果のほか、廃水の垂れ流し等環境災害のリスク低減による経済的・社会的な効果ももたらしたという意見が聞かれた<sup>28</sup>。

労働安全面でも、自動モニタリングシステム設置によるプラスのインパクトが確認された。事業完成前は、定期測定や機材の点検を目的として、発電所の排煙のサンプルをとるため、職員は高さ 200 メートル以上の煙突に頻繁に登る必要があった。このため、職員が煙突から落下して怪我をする事故も後を絶たなかった。本事業を通じて自動モニタリング機材が地上に設置されたことから、煙突での人手による排出量測定も 3 ヶ月に 1 回の比較試験のみとなり、かつ機材の点検も地上で行えるようになったことから事故も減った。また、職員が直接排水や排ガスに接触することが減ったことから、健康被害の減少にも寄与したとのことである。

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

アウトプットの計画と実績、変更理由を表 11 に示した。4 つのサブプロジェクトのうち、2 件に計画の変更が生じ、1 件は事業取消となった。しかし、天然ガスシステムとモニタリングシステムの変更・追加は事業目的にかなうものであり、天然ガススタンド事業に関しても、事業を取り巻く環境が変化する中、日中双方がその都度可能な措置を検討・対応してきたことから、取り消しは妥当であったと判断される。

---

<sup>28</sup> 出所：重慶市環境保護局からの質問票回答。

表 11 アウトプット (計画/実績)

項目	計画	実績
1) 天然ガス供給	ガス貯蔵タンク 8 基 (1 万 m <sup>3</sup> ×6 基、5 千 m <sup>3</sup> ×1 基、1 千 m <sup>3</sup> ×1 基、計 6.6 万 m <sup>3</sup> )、自動制御システム、パイプライン約 262km、技術指導等。	ガス貯蔵タンクは、1 千 m <sup>3</sup> ×1 基の取消以外は計画通り。自動制御システムは計画通り。パイプラインは約 371km に増加。パイプラインの増加理由は、都市計画の調整によりガス管網布設が必要な地域が当初計画より拡大したこと。
2) 天然ガススタンド	ガススタンド 30 ヲ所	サブプロジェクトとしては取消。理由は以下の通り。実施機関の経営状況が悪化し、親会社も「ガススタンド 30 ヲ所の用地を一括して取得するのは困難であり、現状建設可能なサイトが少ないため、事業の経済性が低い」ことを理由に辞退。重慶市政府は実施主体を募ったが、国有企業からの応募はなく、民間企業のみ応募。しかし、実施主体を民間企業に変更する手続きの難しさ、貸付実行期限による時間的制約等から取消となった。
3) 重点汚染源自動モニタリングシステム	中央モニタリングセンター 1 ヲ所、サブモニタリングセンター 1 ヲ所、排気モニタリング設備 18 ヲ所、排水モニタリング設備 18 ヲ所。	中央及びサブモニタリングセンターは計画通り。排気モニタリング設備は 11 ヲ所、排水モニタリング設備は 19 ヲ所に変更。変更理由は、審査から実施までに 2~3 年かかり、その間特に化学工業や電力分野の構造調整が進み、かつ工場の移転なども生じたことにより、対象の工場や箇所に変更が生じた。この他、追加された機材と追加理由は以下のとおり。 ① ビデオ設備 21 ヲ所：監視能力強化のため。 ② オンラインリモートコントロールシステム：審査時には環境モニタリングに関する法律や技術標準といったものが確立されていなかったが、2003 年 7 月「排污費徴収使用管理条例」が成立し、排出基準の厳格な順守や包括的な環境管理にリモートコントロールシステムが必要と判断されたこと。 ③ 避雷システム：雷によるモニタリング機材への損傷を防ぐため。
4) 重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	既存 200MW 発電設備への排煙脱硫装置の設置	計画通り。

出所：計画は JICA 審査時資料、実績は PCR、質問票回答。

### 3.4.2 インプット

#### 3.4.2.1 事業費

総事業費は当初計画の 18,971 百万円 (うち円借款は 7,701 百万円) に対し、実績は 13,327 百万円 (うち円借款は 5,133 百万円) で、計画を下回った。中止分を除いた総事業費計画額 16,316 百万円に比して 82%であった。各サブプロジェクトの事業費の計画比は天然ガス供給システム 78%、汚染源自動モニタリングシステム 102%、重慶発電所西工場サブプロジェクト 91%であった。天然ガス供給システムは、ガス貯蔵タンク 1 基の取消、事業実施期間後半に調達したガス貯蔵タンク 4 基について価格の低い国産タンクが調達可能となったこと、競争入札による効率的な発注等により、事業費が計画時の 78%に留まった。重慶発電所西工場サブプロジェクトは、L/A 調印後、重慶市政府の決定に従い、日本から輸入する脱硫装置及び設置に係るコンサルティングサービスのみ外貨を利用し、その他の設備・機材は内貨により調達したところ、事業費が

計画比の91%に留まった。汚染源自動モニタリングシステムについては、GPS 機器等が追加されたことにより外貨分が増加したものの、内貨分が競争入札による効率的な発注の結果減少したことにより、計画比102%となった。

### 3.4.2.2 事業期間

事業期間は、天然ガス供給システムの拡張サブプロジェクトは計画比169%、汚染源自動モニタリングシステムの整備サブプロジェクトは計画比167%、重慶発電所西工場サブプロジェクトは計画比98%であった。遅延理由は以下のとおりである。

表 12 事業期間（計画/実績）

項目	計画	実績
天然ガス供給	2000年3月～2005年12月 (70ヵ月)	2000年3月～2009年12月(118ヵ月、計画比169%)。 遅延理由は以下の4点。 ①準備段階において、六店子のガスタンク当初予定地が周辺民家との消防安全距離を満たさないため予定地が変更になり、全体設計・調達機材を見直す必要性が生じたこと(15ヵ月の遅延)、②SARSの流行により入札書類準備等の調達手続きが遅延したこと(6ヵ月の遅延)、③その後、六店子ステーションの周辺環境が整備され、当初計画を復活させることになったため、検討・手続きに時間を要したこと(18ヵ月の遅延)。④都市計画の調整によりガス管網布設が必要な地域が当初計画より拡大し、布設工事が道路の新設工事にあわせて実施されることになったため、遅延した。
重点汚染源自動モニタリングシステム	2001年3月～2005年3月 (49ヵ月)	2001年3月～2007年12月(82ヵ月、計画比167%) 遅延理由は、オンラインモニタリングコントロールシステム及び避雷システムの追加による。
重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	2001年3月～2004年12月 (46ヵ月)	2001年3月～2004年11月(47ヵ月、計画比98%)。

出所：計画はJICA 審査時資料、実績はPCR、質問票回答、JICA 内部資料。

### 3.4.3 内部収益率（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）いずれも算定されておらず、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。

以上より、本事業は、事業費については計画内に収まり、事業期間については、3サブプロジェクトのうち1件が計画内に収まったものの、2件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・維持管理体制

実施されたサブプロジェクト3件の実施主体の運営維持管理体制は安定している。各実施主体の運営・維持管理体制について表13に示す。

表 13 運営・維持管理体制

サブプロジェクト	実施主体	運営・維持体制
天然ガス供給	重慶燃気集团公司	都市部に天然ガスを供給する会社としては中国大手5会社の1つである。天然ガス貯蔵タンクの維持管理は、重慶燃気集团公司が行っている。頭塘と六店子の両ステーションに計65名の職員が勤務している。パイプラインの維持管理は、パイプライン維持管理会社（職員数150名）に委託し、自動制御システムの維持管理は信息中心（職員数70名）に委託している。事故に備えた指揮命令系統も明確である。
重点汚染源モニタリングシステム	重慶市環境保護局	サブプロジェクトシステムの実施主体は重慶市環境保護局であり、モニタリングシステムの運営・維持管理（ネットワークや送信設備の維持管理、データ収集等）は重慶市環境保護信息中心（環境保護局の下部組織）が行っている。また、各重点汚染源の観測設備の日常点検、清掃、機材の校正や修理は、重慶佳興環境工程有限公司に委託している。環境保護信息中心はマネジャー1名、技術者2名、佳興会社はマネジャー1名、技術者8名である。環境保護局によると、職員の数には十分であるとのことである。
重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	重慶九龍電力公司	1994年重慶電力公司から独立した。東工場と第三工場は重慶電力公司が運営し、西工場を重慶九龍電力公司が運営している。運転維持職員は15名で、1組3人で1日4交代制である。

出所：PCR、質問票回答、聞き取り調査。

### 3.5.2 運営・維持管理の技術

実施機関及び委託企業の技術レベルや研修体制は以下のとおり。

表 14 運営・維持管理の技術

サブプロジェクト	運営・維持管理の技術
天然ガス供給	頭塘及び六店子天然ガスステーションの65名の職員のうち、大卒が25名、専門学校卒が40名である。パイプラインの維持管理職員は、150名のうち大卒が50名、専門学校卒が100名。自動制御システムの維持管理職員は、70名全員が大卒。職員の多くが3年以上勤務。また、新入社員研修のほか、技術研修が年2-3回実施されている。 本事業の一部として東京ガスや大阪ガスの専門家による技術指導があった。また、大阪市とガス供給技術やガス漏れなど検知技術に関する共同研究を行った。頭塘ガスステーションでは、年一回防火運動会（消火器などを使った訓練）が実施されている。同ステーションは、中国西部地区都市における最大のガス貯蔵ステーションであり、中国国内最大のステーションの1つであることに加え、重慶市ガス業実践訓練基地及び国家職業技能鑑定所となっており、様々な企業・機関が全国から視察に訪れている。
重点汚染源モニタリングシステム	中央モニタリングセンターの職員に対しては、国家環境保護部から講師を招いて年4回程度研修を実施。サブモニタリングセンターの職員に対しては、中央モニタリングセンター職員が講師として年2回程度研修を実施。環境保護局によると、環境保護信息中心、佳興会社いずれも、技術レベルは十分であるとのことである。
重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	ドイツ政府借款により重慶発電所第3工場に設置した排煙脱硫装置と同じ方式であるため、技術的に問題はない。運転維持職員の多くが専門学校卒である。毎年安全生産や技術に関する試験に合格することが義務付けられている。

出所：PCR、質問票回答、聞き取り調査。

いずれにおいても、必要な数の技術者が配置され、技術指導も適切に行われている。特に、汚染源モニタリングシステムに関しては、インパクトで述べたとおり、2012年時点で400カ所以上の汚染源がシステムに接続されていることから、技術的自立発展性が高いと言える。汚染源自動モニタリングシステムは、審査時全国でも例がなかったため、試行錯誤のうえ、システムの設計や仕様、温度管理等に関する知識・経験を蓄積した。時間はかかったが、事業完成後独自に発展させ、他の都市にノウハウを共有できるまでになったことは特筆に値する。

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

#### 【重慶燃気集团公司（旧重慶燃気公司）】

財務諸表は得られなかったものの、2012年に上場予定であることから財務基礎は安定していると推測される。重慶燃気集团公司によると、上場は債権債務関係にも影響はないとのことである。過去に赤字に陥ったことはなく、毎年維持管理費用は十分確保されているとのことである<sup>29</sup>。維持管理・修理費は2009年実績で200万元であった<sup>30</sup>。ガス料金は以下のとおりである。

表 15 ガス料金

単位：元/m<sup>3</sup>

カテゴリー	審査時	事後評価時
家庭用	1.06	1.72
公共施設	1.70	2.29（注）
商業用	2.00	2.24
工業用	0.753	2.29

出所：審査時の数値は JICA 審査時資料、事後評価時の数値は重慶燃気公司質問票回答。

注：ただし、学校の給食センターのガス料金は家庭用と同じ。

天然ガス供給は、原材料費が相対的に安価でかつ単位当たり熱供給量が大きいことから、運転費用は相対的に低い。表 16 のとおり、2005年の試算でも、重慶燃気公司（当時）の場合、家庭用ガス料金 1.1 元/m<sup>3</sup>に対して、運転・維持管理費用が 1.06 元/m<sup>3</sup>となっており、中国の他都市のガス料金より低く設定しても運転費用を回収できている。

表 16 ガス供給の維持管理費と家庭用ガス料金

(元/m<sup>3</sup>)

地域	維持管理費	家庭用ガス料金
包頭石炭ガス	0.65	0.8
刀朴石炭ガス	1.24	0.8~1.4
柳州 LPG ガス	9.00	4.0
長沙 LPG ガス	4.90	3.8
重慶天然ガス	1.06	1.1

出所：前出 JBIC 受託研究（2005年）

<sup>29</sup> 出所：重慶燃気集团公司質問票回答。

<sup>30</sup> 出所：PCR。

【重慶市環境保護局】

モニタリングシステムの維持管理に必要な予算（管理費、人件費、車両費、機材の更新等）は毎年重慶市政府から配分されている。2006年～2008年の運営維持管理費実績は、下表のとおりであり、予算額に対する実績額は94%～104%である。事業完成（2007年12月）以降、自己資金で重点汚染源の観測点を大幅に増加したことから、2008年以降維持管理費は増加した。2009年以降の維持管理費は毎年約800万元とのことである<sup>31</sup>。なお、先述したとおり、徴収された排污費の一部は重点汚染源の処理の原資となっている。

表 17 重点汚染源モニタリングシステムの運営維持管理費実績

単位：万元

	システム管理	観測点の維持管理	合計
2006年	37	15	52
2007年	45	23	68
2008年	51	191	242

出所：PCR

【重慶九龍電力公司】

審査時の予定どおり、2000年に上海市場に上場した。上場後も政府が約67%の株式を保有し、財務状況は安定している<sup>32</sup>。本事業のアウトプットの運転・維持管理費は事業完成（2006年）以降、毎年40百万元程度確保されている<sup>33</sup>。

3.5.4 運営・維持管理の状況

いずれのサブプロジェクトも、各設備・機材の維持管理状況、維持管理計画、運行記録、スペアパーツの調達・交換状況を現地視察により確認したところ、特に問題は認められなかった。



頭塘天然ガス貯蔵ステーション  
操作マニュアル



同ステーションのフロー図



同ステーションの点検中職員

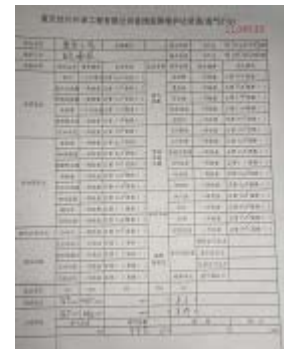
<sup>31</sup> 出所：重慶市環境保護局への聞き取り調査。

<sup>32</sup> 出所：重慶九龍電力公司への聞き取り調査。

<sup>33</sup> 出所：PCR、重慶九龍電力公司質問票回答。



環境モニタリングシステムに関しては、中央モニタリングセンター、重慶発電所の排気観測設備、西南合成製薬第二工場の廃水観測機材の3カ所の視察に留まったため、一般化はできないが、いずれも正常に稼働していた。観測機材の検査・洗浄・交換に関しては、機材毎に頻度（毎週、毎月、毎年等）が細かく決められており、計画に基づいて実施されている<sup>34</sup>。点検表も確認したところ、計画通り実施されていることが認められた。化学分析器など観測機材の一部は寿命が7-8年であるため、随時新品に交換している。本事業で納入されたメーカーと異なる観測機材を設置した事例があるが、これまで不具合は生じていない。重慶市環境保護局によると、重慶市内にメーカーの代理店があり、部品も容易に購入可能であるとのことである。



西南合成製薬の排水観測機材 重慶発電所の排気観測機材 左記機材の維持管理記録表

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. 結論及び教訓・提言

### 4.1 結論

本事業は、重慶、大連、貴陽の三都市を対象として、大気汚染対策等の集中的な実施や環境モニタリングシステムの構築により環境改善を図り、その成功例を他の都市へ普及させることを目指した「環境モデル都市構想」の一環として実施された。重慶市は、石炭に依存したエネルギー構造であり、近年の急速な工業化や自動車台数の増加に伴い、深刻な大気汚染の問題に直面していた。このため、大気汚染対策の実施や環境モニタリングシステムの整備は喫緊の課題であった。本事業の実施により、大気汚染物排出削減量、脱硫装置の脱硫効率、モニタリングシステムの稼働時間などの目標値が達成し、概ね計画通りの効果の発現が見られる。また、大気質改善による生活環境の改善、環境管理能力の向上に寄与しており、有効性・インパクトは高い。効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、中程度である。各サブプロジェクトの実施主体の維持管理体制、技術、維持管理状況に問題はなく、財務状況も安定していることから、本事業によって発現した効果の持続性は高いと判断される。以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

<sup>34</sup> 出所：PCR、環境保護局質問票回答。

## 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

### 4.3.1 評価に必要なデータ収集にかかる教訓

本事業では、関連事業による汚染物質排出削減量が有効性の指標として設定された。関連事業の進捗については確認されたが、実績データについては関連事業の完成から10年以上経っていることもあり収集が困難であった。当該事業と関連事業によって複合的に達成される指標を当該事業の有効性の指標に設定する場合、関係部署が関連事業の実績データについて収集しておくことが望ましい。

### 4.3.2 ニーズに合わせた事業内容の実施（グッドプラクティス）

本事業では、脱硫装置の設置等により重点汚染源からの大気汚染物質の削減を局所的に行いつつも、2000年という早い段階で、重点汚染源オンラインモニタリングシステムの基盤整備を中心に据えるアプローチを採用したことが、より大きな効果をもたらすことになったと考えられる。インパクト及びコラムで述べたとおり、右システムは事業完成以降持続的に拡大し、現在、重慶市の環境行政にとって必要不可欠な管理ツールとなっている。同システムで得られたリアルタイムの客観的データは排污費徴収制度の運用においてのみならず、排出量総量規制など環境行政において広く活用されている。

したがって、環境保護対策を総合的に実施する事業では、大気・水質汚染対策と共に、オンラインモニタリングシステムの構築など、環境管理能力の強化につながるコンポーネントを盛り込むことを検討するとよい。また、環境条例の成立やオンラインシステムの義務化など刻々と変化する状況やニーズに応じて、アウトプットを追加する等、柔軟に対応することもより大きな効果につながる可能性を高めると考えられる。

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
① アウトプット		
1) 天然ガス供給システムの拡張	ガス貯蔵タンク8基、自動制御システム、パイプライン約262km、技術指導等。	ガス貯蔵タンクは、1千m <sup>3</sup> ×1基の取消以外は計画通り。自動制御システムは計画通り。パイプラインは約371kmに増加。
2) 天然ガススタンドの建設	ガススタンド30カ所。	取消。
3) 汚染源自動モニタリングシステムの整備	中央モニタリングセンター1カ所、サブモニタリングセンター1カ所、排気モニタリング設備18カ所、排水モニタリング設備18カ所。	中央及びサブモニタリングセンターは計画通り。排気モニタリング設備は11カ所、排水モニタリング設備は19カ所に変更。ビデオ設備 21カ所、オンラインリモートコントロールシステム、避雷システムが追加。
4) 重慶発電所西工場排煙脱硫装置設置	既存200MW 発電設備への排煙脱硫装置の設置	計画通り。
② 期間	(I) 2000年3月～2005年12月 (70ヵ月)  (II) 2001年3月～2005年3月 (49ヵ月)	(I) 2000年3月～2009年12月 (118ヵ月)  (II) 2001年3月～2007年12月 (82ヵ月)
③ 事業費	(I) 外貨 4,412百万円 内貨 826,575万円 (55,105万円) 合計 12,678百万円 うち円借款分 4,412百万円 換算レート 1元=15円 (1999年11月現在)	(I) 4,257百万円 569,491万円 (40,105万円) 9,952百万円 4,257百万円 1元=14.2円 (2000年3月～2009年12月平均)
	(II) 外貨 3,289百万円 内貨 300,378万円 (23,106万円) 合計 6,293百万円 うち円借款分 3,289百万円 換算レート 1元=13円(時期不明)	(II) 876百万円 249,963万円 (17,603万円) 3,375百万円 876百万円 1元=14.2円 (2001年3月～2007年4月平均)