

## 0. 要旨

中国政府及び重慶市政府は、長江及び長江支流の嘉陵江の水質汚濁対策を重点課題として位置づけ、様々な取り組みを進めており、本事業はその一環として実施された。重慶市では、急速な都市化や工業化に伴い生活・工業排水が増加し、水質汚染が深刻化していた。また、長江の下流には三峡貯水池も位置していることから、下水処理設備の整備による河川の水質改善の緊急性、必要性は高かった。下水処理能力の向上、汚染物質排出量の削減、処理水の水質改善、市内河川の水質改善など、概ね計画通りの効果の発現が見られ、かつ、河川沿いの住民の生活環境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。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



鶏冠石下水処理場消化池

### 1.1 事業の背景

中国では、1980年代以降の急速な都市化と工業化、生活水準の向上に伴い、生活・工業排水量が大幅に増加していたが、2000年における都市部の下水処理率は34.3%に留まっていた。また、主要7水域（淮河、遼河、海河、松花江、黄河、珠江、長江）では、国家地表水環境質基準<sup>1</sup>のIII類（飲用水源として利用可能な水準）<sup>2</sup>を満たさないモニタリング地

<sup>1</sup> 審査時の国家地表水環境質基準（GB3838-1988）は、水質に関わる30の指標についてI～V類に分類していた。基準は2002年に改訂され、現行の基準（GB3838-2002）は、24の指標についてI～V類に分類している。

<sup>2</sup> 中国の水質基準は、日本同様、水域の使用目的と保護目的に応じて定められている。I類からIII類までが飲用に適した水質。V類基準を満たさない場合、劣V類と表現される。

点が2000年時点で42.3%に上っていた。

重慶市は、長江上流の経済・交通・貿易の中心地であり、1997年に直轄市<sup>3</sup>となった。人口増加による市街地の急速な拡大や製造業の発展により生活・工業排水量が増加し、2001年には計85.6万m<sup>3</sup>/日に達した。その一方、下水処理場は唐家沱下水処理場1カ所（処理能力4.8万m<sup>3</sup>/日）のみであり、市街区の下水処理率は6%と極めて低かった。その結果、市内河川に未処理の排水が直接放流され、嘉陵江の水質は国家地表水環境質基準IV類であった。このような背景のもと、重慶市では下水道整備が急務となっていた。

## 1.2 事業の概要

重慶市において下水処理場（唐家沱下水処理場及び鷄冠石下水処理場の2次処理施設）の整備を行うことにより、市内河川の水質改善を図り、もって重慶市の生活環境改善に寄与する。重慶市の本事業位置図を図1に示す。



図1 事業位置図

<sup>3</sup> 中央政府が直接管理しており、「省」と同格である。直轄市は、北京、上海、天津、重慶の4都市。

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 円借款承諾額／実行額                       | 9,017 百万円／9,017 百万円   |
| 交換公文締結／借款契約調印                    | 2002 年 3 月／2002 年 3 月   |
| 借款契約条件                           | 金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）<br>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                             | 2009 年 7 月  |
| 本体契約                             | China Construction Seventh Engineering Bureau, (株)<br>荏原製作所（日本）、Chongqing Chuanyi Automation,<br>Co., Ltd., Biwater Man Lee Limited.<br>Tianjin Machinery & Electric Equipment Import and<br>Export Co., Ltd. (10 億円以上のみ記載) |
| コンサルタント契約                        | NJS Consultants（日本）(1 億円以上のみ記載)   |
| 関連調査等（フィージビリティ・スタディ：F/S）(if any) | 唐家沱処理場：中国市政工程華北設計研究院による<br>F/S（2001 年 7 月）<br>鷄冠石処理場：上海市政工程設計研究院による F/S<br>（2001 年 7 月）   |
| 関連事業（if any）                     | 1990 年代後半、日本、フランス、イギリス、オーストラリア、イタリア、スイスによる資金協力により、下水道マスタープランの改訂を含めた事業準備調査が実施された。また、本事業対象の唐家沱下水処理場及び鷄冠石下水処理場の一次処理及び下水管整備は、世界銀行による借款により第 1 期工事として実施された。本事業は第 2 期工事として位置づけられ、同施設の二次処理及び汚泥処理部分を行った。                             |

## 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ージメント株式会社）

### 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

本事業対象の唐家沱及び鷄冠石下水処理場の一次処理及び下水管整備は、世界銀行による借款により第 1 期工事として実施され、本事業は第 2 期工事として同施設の二次処理及び汚泥処理部分を行った。発現した効果は双方の事業及び重慶市の河川の水質改善に対する継続的な取り組みなどが複合的に実施された結果によるものであると考えられ、本事業とその他の介入による効果を厳密に区別することは困難であった。

### 3. 評価結果（レーティング：A<sup>4</sup>）

#### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>5</sup>）

##### 3.1.1 開発政策との整合性

審査時（2002年）の国家環境保護第10次5ヶ年計画（2001年～2005年）では、主要汚染物の総排出量2000年比10%削減、都市部の下水処理率45%達成（人口50万人以上の都市では60%達成）、長江、黄河、松花江など主要河川流域の水質改善等を目標としていた。

また、重慶市環境保護第10次5ヶ年計画（2001年～2005年）では、市街区の下水処理率60%達成を目標に掲げ、より一層水質汚濁対策に取り組む方針を明らかにしていた。また、2001年に策定された2020年までの下水道整備マスタープランでは、下水管及び下水処理場11カ所の整備を計画し、本事業は優先度が最も高い下水処理場整備事業として位置づけられていた。下表の通り、本事業対象施設の設備能力は、2010年までの全体計画の84%、2020年までの全体計画の62%を占めていた。

表1 下水道整備マスタープランの概要

単位：万m<sup>3</sup>/日

| 下水処理場      | 2010年まで |      | 2020年まで |      |
|------------|---------|------|---------|------|
|            | 設備能力    | 目標年  | 設備能力    | 目標年  |
| 唐家沱（本事業対象） | 30      | 2005 | 10      | 2013 |
| 鷄冠石（本事業対象） | 60      | 2005 | 20      | 2013 |
| 茄子溪        | 5       | 2007 | 3.1     | 2013 |
| 李家沱        | 5       | 2007 | 4       | 2013 |
| 中梁山        | 5       | 2010 | 2       | 2013 |
| 井口         | 2       | 2010 | 0       |      |
| 小計         | 107     |      | 39.1    |      |
| 2020年までの合計 |         |      | 146.1   |      |

出所：審査時資料

国家環境保護第11次5ヶ年計画（2006年～2010年）では、都市污水処理率70%達成、化学的酸素要求量<sup>6</sup>（Chemical Oxygen Demand、COD）の排出量10%削減等を目標としていた。現行の同第12次5ヶ年計画（2011年～2015年）では、都市污水処理率85%達成、COD排出量の8%削減、アンモニア窒素の排出量10%削減等を目標としている。

重慶市環境保護第11次5ヶ年計画（2006年～2010年）においては、汚水及び廃棄物処理が重要項目として位置づけられ、重慶市の下流に位置する三峡貯水池<sup>7</sup>の水質を改善するため、長江流域に21カ所の下水処理場を建設することが目標に掲げられた<sup>8</sup>。現行の第12次5ヶ年計画（2011年～2015年）では、市街区における下水処理率を95%

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

<sup>5</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

<sup>6</sup> 水の汚れの度合いを表す指標で、水中の有機物を酸化剤で酸化する際に消費される酸素量を指す。

<sup>7</sup> 重慶市中心部から三峡ダムまでの距離は約680キロ。

<sup>8</sup> 2003年の三峡プロジェクトの実施と同時に、三峡貯水池の水の自浄能力が下がることが予測され、上流で下水が適切に処理されなければ、三峡貯水池の水質が低下することが懸念された。三峡貯水池の周辺住民の水源を確保するためにも、本事業により長江及び嘉陵江の水質改善が急務であった。出所：PCR。

以上とすること、市全体における下水処理率を 90%以上とすることが目標として掲げられた。また、下水処理場から排出される汚泥の無害化・再利用という目標を達成するため、汚泥の適切な処理を推進していくことを掲げている。長江や嘉陵江と三峡貯水池の位置関係を示した地図を図 2 に示す。



図 2 重慶市周辺地図（長江及び嘉陵江流域）

### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時、重慶市街区（175 km<sup>2</sup>、240 万人）においては、急速な都市化や人口増加、製造業の発展等により、生活排水・工業廃水量が急増し、2001 年で計 85.6 万 m<sup>3</sup>/日であった。それに比して、下水処理場は唐家橋下水処理場 1 ヶ所（処理能力 4.8 万 m<sup>3</sup>/日）のみであり、重慶市街区における下水処理率は 6%と極めて低かった。市内河川に未処理の排水が直接放流され、嘉陵江の水質は国家地表水質基準の IV 類であり、飲用水源として利用可能な水準を満たしていなかった。

事後評価時、都市化や人口増加、工業化、観光等の発展に伴い、下水処理に対する需要は高まっている。事後評価時、本事業対象の両処理場はほぼフル稼働している。現在、下水道設備マスタープランの計画どおり両処理場の第三期工事を行っており、唐家沱処理場は 10 万 m<sup>3</sup>/日、鶏冠石処理場は 20 万 m<sup>3</sup>/日、それぞれ設備能力が拡張する予定である。

長江と嘉陵江が重慶市の唯一の水源・処理水の排水先であること、重慶市の下水処理が三峡貯水池の水環境の保全において重要な役割を担っていること等から、下水処理による環境汚染対策は引き続き喫緊の課題である。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

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、制度策定、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、国際協力機構（JICA、当時JBIC）の海外経済協力業務実施方針（1999年）においても、環境を対中国円借款の3重点分野の1つとし、同行の国別業務実施方針においても、下水道施設整備や節水・水資源リサイクル等の公益的事業を重点分野として検討することとしていた。

以上より、本事業の実施は中国及び重慶市の開発政策、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（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) 下水処理能力の向上

表2に唐家沱、鶏冠石の両処理場の下水処理能力の計画と実績を示す。計画通り、下水処理能力は計90万m<sup>3</sup>/日を達成した。

表2 下水処理能力（計画/実績）

単位：万m<sup>3</sup>/日

| 指標名    | 事業完成後の計画<br>(2005年) | 事業完成後の実績<br>(2007年) |
|--------|---------------------|---------------------|
| 唐家沱処理場 | 30                  | 30                  |
| 鶏冠石処理場 | 60                  | 60                  |
| 合計     | 90                  | 90                  |

出所：計画値は審査時資料、実績値は重慶排水公司質問票回答。

また、下水処理設備が十分に運用されているかを示す指標として、汚水処理量<sup>9</sup>及び設備稼働率<sup>10</sup>を表3にまとめた。事業完成（2007年）以降、汚水処理量、設備稼働率、共に順調に上昇し、設備稼働率は毎年約8割以上を保っていることから、設備が有効に活用されていると言える。前述したとおり、重慶市の汚水量の増加に対応するため、両処理場とも、現在第3期工事を行っている。

表3 日平均汚水処理量及び設備稼働率

単位（処理率を除く）：万m<sup>3</sup>/日

| 処理場 | 2007年 |     | 2008年 |     | 2009年 |     | 2010年 |      | 2011年 |      | 設備能力 |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|------|-------|------|------|
|     | 処理量   | 稼働率 | 処理量   | 稼働率 | 処理量   | 稼働率 | 処理量   | 稼働率  | 処理量   | 稼働率  |      |
| 唐家沱 | 23.1  | 77% | 24.1  | 80% | 23.3  | 78% | 25.9  | 86%  | 26.5  | 88%  | 30   |
| 鶏冠石 | 47.2  | 79% | 57.3  | 96% | 58.6  | 98% | 61.5  | 103% | 64.0  | 107% | 60   |
| 合計  | 70.3  |     | 81.4  |     | 81.9  |     | 87.4  |      | 90.5  |      | 90   |

出所：重慶排水公司質問票回答

<sup>9</sup> 下水処理場が受け入れ、処理する量。

<sup>10</sup> 日平均処理量/設備能力。

(2) 重慶市街区の下水処理率

表 4 に重慶市街区の下水処理率の基準値と計画値を示す。重慶市環境保護局によると、市街区の下水処理率の実績データ、工業排水の処理率の実績データはないが、2011年の市街区の家庭排水の処理率は約 95%とのことである。したがって、家庭排水の処理率に限って言えば、計画値を達成したと言える。工業排水に関しては、多くの工場は独自の設備により排水を処理した後、河川に放水しており、厳格な排出基準が設定されているとのことである。

表 4 重慶市街区の下水処理率

単位：%

| 指標名   | 基準値 (2001年) | 計画値 (2005年及び2010年) | 実績値 (2011年)           |
|-------|-------------|--------------------|-----------------------|
| 下水処理率 | 6           | 95                 | 家庭排水：95<br>全体・工業排水：不明 |

出所：基準値と計画値は審査時資料。実績値は重慶市環境保護局への聞き取り調査。

注：下水処理率=下水処理量÷下水全体量。

重慶市街区の下水処理率は、本事業のみにより達成しているわけではないが、下水道整備マスタープランにおいて、本事業対象の設備能力が 2010 年までの全体計画の 84%を占めていたことから、本事業は市街区の下水処理率改善に貢献したと言える。

(3) 汚染物質排出削減量

表 5 に、主要な水質汚染物質である COD、生物化学的酸素要求量<sup>11</sup> (Biochemical Oxygen Demand、BOD)、浮遊物質<sup>12</sup> (Suspended Solids、SS) の排出量の基準値と計画値、計画削減量 (目標値－基準値) を示し、表 6 と表 7 に各処理場の排出量の実績を示す。表のとおり、両処理場とも COD、BOD、SS の計画削減量を達成した。

表 5 汚染物質排出量 (基準値、計画値)、計画削減量

単位：トン/年

| 指標  | 排出量基準値 (2001年) |        |        | 排出量事業完成後 目標値 (2005年) |       |       | 削減量    |        |        |
|-----|----------------|--------|--------|----------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
|     | COD            | BOD    | SS     | COD                  | BOD   | SS    | COD    | BOD    | SS     |
| 唐家沱 | 30,478         | 15,374 | 21,353 | 5,125                | 1,708 | 1,708 | 25,623 | 13,666 | 19,644 |
| 鷄冠石 | 65,700         | 32,850 | 45,625 | 10,950               | 3,650 | 3,650 | 54,750 | 29,200 | 41,975 |
| 合計  | 96,178         | 48,224 | 66,978 | 16,075               | 5,358 | 5,358 | 80,373 | 42,866 | 61,619 |

出所：重慶市排水公司質問票回答

<sup>11</sup> COD 同様、水の汚れの度合いを表す指標として用いられ、特に工業排水等の規制項目の 1 つ。

<sup>12</sup> 水中に浮遊している不溶解性の粒子状物質。



表 6 唐家沱処理場 汚染物質排出量及び削減量（実績）

単位：トン/年

| 指標  | 排出量実績 |       |       |       | 基準値からの削減量（2010年） |
|-----|-------|-------|-------|-------|------------------|
|     | 2007年 | 2008年 | 2009年 | 2010年 |                  |
| COD | 2,776 | 2,444 | 2,504 | 2,525 | 27,953           |
| BOD | 428   | 343   | 360   | 284   | 15,090           |
| SS  | 1,019 | 1,306 | 1,271 | 891   | 20,462           |

出所：重慶市排水公司質問票回答

表 7 鷄冠石処理場 汚染物質排出量及び削減量（実績）

単位：トン/年

| 指標  | 排出量実績 |       |       |       | 基準値からの削減量（2010年） |
|-----|-------|-------|-------|-------|------------------|
|     | 2007年 | 2008年 | 2009年 | 2010年 |                  |
| COD | 3,982 | 4,491 | 4,267 | 3,872 | 61,828           |
| BOD | 838   | 855   | 898   | 673   | 32,177           |
| SS  | 1,467 | 1,497 | 1,797 | 1,420 | 44,205           |

出所：重慶市排水公司質問票回答

(4) 下水処理場の処理水の水質改善

COD、BOD、SS の処理後の濃度に関しては、2002 年に改訂された現行の都市污水処理場汚染物排出基準（GB18918-2002）1 級 B の濃度が本事業の計画値として設定された。COD、BOD、SS いずれも、処理後の濃度は基準を満たしている。表 8 に基準値、計画値、実績値を示す。

表 8 污水処理後の主要汚染物質の濃度

単位：mg/L

| 指標名    | 2001 年基準値 |     | 事業完成計画値（注） |     | 2011 年実績値 |     |
|--------|-----------|-----|------------|-----|-----------|-----|
|        | 唐家沱       | 鷄冠石 | 唐家沱        | 鷄冠石 | 唐家沱       | 鷄冠石 |
| 入口 COD | 360       | 360 | 360        | 360 | 301       | 323 |
| 出口 COD | 360       | 360 | 60         | 60  | 32        | 20  |
| 入口 BOD | 180       | 180 | 180        | 180 | 181       | 152 |
| 出口 BOD | 180       | 180 | 20         | 20  | 4         | 4   |
| 入口 SS  | 250       | 250 | 250        | 250 | 212       | 438 |
| 出口 SS  | 250       | 250 | 20         | 20  | 11        | 7   |

出所：審査時資料、重慶市排水公司質問票回答

注： 計画値の出口の数値は、都市污水処理場汚染排出基準（GB18918-2002）の 1 級 B の濃度。

処理前と処理後の水を汲み上げて直接観察した結果、処理前の水は真っ黒であったのに対し、処理水はミネラルウォーターと同様透明であることが確認された。

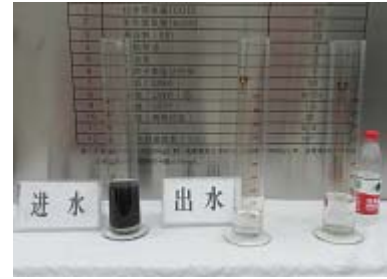




沈殿池と生物反応池全景



鷄冠石下水処理場排水口



処理前の水（左）、処理後の水（中央）、ミネラルウォーター（右）

### (5) 市内河川の水質改善

重慶市環境保護局への聞き取り調査において、本事業に関係する水質モニタリング断面として、主に下水管起点と下水管終点/両処理場の間に位置する長江の寸灘断面、嘉陵江の大溪溝断面が特定された。唐家沱下水処理場及び鷄冠石下水処理場の第 1 期工事（世界銀行による借款）の事業完了報告書<sup>13</sup>も、寸灘及び大溪溝断面のデータを用いて評価している。

長江の寸灘断面の水質分類の推移を表 9 に示した。寸灘断面は 2000 年には国家地表水環境質基準 III 類であったが、2006 年以降 II 類を維持していることから、水質が改善傾向にあると考えられる。

表 9 長江の寸灘断面の水質分類

| 年  | 1998年 | 1999年 | 2000年 | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 | 2006年 | 2007年 | 2008年 | 2009年 | 2010年 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 分類 | III類  | NA    | III類  | IV類   | II類   | III類  | III類  | III類  | II類   | II類   | II類   | II類   | II類   |

出所：1998 年のデータは「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）、2000 年以降のデータは重慶市環境保護局提供データ。

嘉陵江の大溪溝断面は、上記報告書によると、1998 年には IV 類であったが、2008 年は II 類であったとのことである。重慶市環境状況公報によると、2006 年以降は、大溪溝断面のみならず、重慶市環境保護局が管轄する嘉陵江のすべての断面において II 類を維持している<sup>14</sup>。よって、嘉陵江の水質も改善傾向にあると考えられる。

右報告書は、現行の国家地表水環境質基準（GB3838-2002）の 24 のパラメータのうち、特に重要な過マンガン酸塩指数<sup>15</sup>、BOD<sub>5</sub><sup>16</sup>について、1998 年～2008 年の寸灘断面と大溪溝断面のモニタリング結果を記載している。現行の基準を表 10 に、寸灘断面の

<sup>13</sup> 「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）。元データは重慶市環境保護局のデータ。

<sup>14</sup> 出所：重慶市環境状況公報 2006 年、2007 年、2008 年、2009 年、2010 年。

<sup>15</sup> 過マンガン酸塩指数は、日本で採用されているマンガン法による化学的酸素要求量（CODMn）と同義。COD の測定方法には、マンガン法とクロム法（CODcr）の 2 とおりある。現行の中国の排水基準では、クロム法の COD を採用しているが、重慶都市環境事業では 1998 年に過マンガン酸塩指数をモニタリング項目の 1 つとして設定したことから、上記報告書においても、同指数を用いて評価している。

<sup>16</sup> 20℃の暗所で 5 日間培養したときの酸素消費量。

年平均値を表 11 に、大溪溝断面の年平均値を表 12 に示した。これらの結果から、寸灘断面については、1998 年～2008 年にかけて、過マンガン酸塩指数、BOD5 がそれぞれ、11% (3.10mg/l→2.77mg/l)、42% (1.93mg/l→1.12mg/l) 減少し、大溪溝断面については、右パラメータがそれぞれ、35% (4.34mg/l→2.82mg/l)、49% (2.52mg/l→1.29mg/l) 減少したことがわかる。また、水質基準に照らし合わせると、両断面のパラメータの 2008 年の平均値は、いずれも II 類の上限の範囲にあることが確認できる。

表 10 国家地表水環境質基準（上限値）

単位：mg/l

| 標準 | 分類        | I 類 | II 類 | III 類 | IV 類 | V 類 |
|----|-----------|-----|------|-------|------|-----|
| 項目 |           |     |      |       |      |     |
|    | 過マンガン酸塩指数 | 2   | 4    | 6     | 10   | 15  |
|    | BOD5      | 3   | 3    | 4     | 6    | 10  |

出所：「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）。元データは重慶市環境保護局のデータ。

表 11 寸灘断面の年平均値（単位：mg/l）

| 年    | 過マンガン酸塩指数 | BOD5 |
|------|-----------|------|
| 1998 | 3.10      | 1.93 |
| 1999 | 2.48      | 1.32 |
| 2000 | 2.48      | 1.23 |
| 2001 | 1.91      | 1.79 |
| 2002 | 2.23      | 1.56 |
| 2003 | 2.77      | 1.77 |
| 2004 | 2.36      | 1.36 |
| 2005 | 2.72      | 1.29 |
| 2006 | 3.61      | 1.49 |
| 2007 | 2.57      | 1.10 |
| 2008 | 2.77      | 1.12 |

表 12 大溪溝断面の年平均値（単位：mg/l）

| 年    | 過マンガン酸塩指数 | BOD5 |
|------|-----------|------|
| 1998 | 4.34      | 2.52 |
| 1999 | 2.80      | 1.79 |
| 2000 | 2.46      | 2.01 |
| 2001 | 2.60      | 1.53 |
| 2002 | 2.58      | 1.83 |
| 2003 | 3.23      | 2.46 |
| 2004 | 2.68      | 1.49 |
| 2005 | 3.06      | 1.49 |
| 2006 | 2.70      | 1.60 |
| 2007 | 2.51      | 1.79 |
| 2008 | 2.82      | 1.29 |

出所：「重慶都市環境事業」実施完了報告書（2010 年）。元データは重慶市環境保護局のデータ。

一方、長江は長さ 6,300km（中国最大）、嘉陵江は長さ 1,119km であり、河川の水質は上流域の汚染状況など多くの要因の影響を受けやすい。また、本事業対象地域ではこれまで第 1 期工事や工業汚染規制など本事業外の水質改善に対する様々な取り組みが実施されてきた。したがって、水質の改善傾向と本事業との関係性を検証することは困難である。しかしながら、本事業の実施により汚染物質排出量を計画以上に削減し、かつ処理後の放流水の水質も国家排出基準 1 級 B を満たしていることから、改善に一定の貢献をしていると評価できる。

### 3.2.2 定性的効果

#### 3.2.2.1 市内河川（長江、嘉陵江等）の水質汚濁改善

長江及び嘉陵江の河川沿いの住民<sup>17</sup>を対象に、受益者調査結果（サンプル数 100、男 65、女 35）を実施した結果、80%が河川の水質が「とても改善した」と回答し、20%が「やや改善した」と回答した。「変化なし」「悪化した」という回答者はゼロだった。

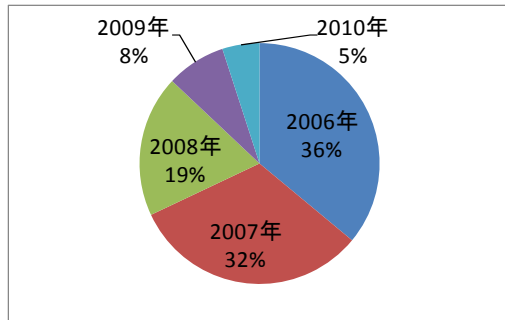


図3 受益者調査結果 (N=100) に見られた水質改善時期についての認識

水質が改善し始めた時期については、図3のとおり、2006年～2008年と認識している回答者が多かった。本事業完成は2007年7月であることから、本事業のみならず、第1期工事の実施や重慶市による工業排水の規制強化などが複合的に河川の水質改善に寄与したと考えられる。

#### 3.2.2.2 リサイクル効果（汚泥再利用）

両処理場の汚泥処理量及び再利用された汚泥量を表13に示す。

表13 汚泥処理量及び再利用された汚泥量

単位：トン/日

| 指標名       | 2010年目標 |     | 2010年実績     |             | 2011年実績     |             |
|-----------|---------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           | 唐家沱     | 鷄冠石 | 唐家沱         | 鷄冠石         | 唐家沱         | 鷄冠石         |
| 処理された汚泥量  | 48      | 105 | 85          | 269         | 92          | 267         |
| 再利用された汚泥量 | 0       | 0   | 59<br>(69%) | 90<br>(33%) | 73<br>(79%) | 94<br>(35%) |

出所：重慶市排水公司質問票回答

汚泥の一部は、主にセメントの材料や肥料として再利用されている。鷄冠石処理場における処理された汚泥量に対する再利用された汚泥量の割合が約3割と少ないのに対し、唐家沱処理場の同割合は約7～8割と高い。重慶市排水有限公司によると、これは、2009年に自己資金で唐家沱処理場に汚泥乾燥設備が設置されたためである。鷄冠石処理場は、現在約270トン/日の汚泥のうち、約90トン/日をセメント工場に搬出し、約180トン/日を処分場に埋め立てている。しかし、唐家沱処理場に新しく導入された汚泥乾燥設備の効果が確認されたため、鷄冠石処理場にも汚泥乾燥設備の設置を決定し、2012年末までに設置予定とのことである。これにより、2013年以降再利用率が改善すると見込まれる。

<sup>17</sup> 溉澜溪（江北区）：10人、肖家河（江北区和渝中区）：10人、原长安汽车配件厂（江北区）：10人、虎头崖（沙坪坝区）：10人、黑石子（江北区）：10人、原天源化工厂（江北区）：10人、大溪沟（渝中区）：10人、南坪哑吧洞（南岸区）：10人、洪崖洞（渝中区）：10人、鷄冠石：5人、唐家沱：5人。

### 3.3 インパクト

#### 3.3.1 インパクトの発現状況

##### 3.3.1.1 生活環境の改善

本事業の対象地域及び受益人口の計画、実績を表 14 に示す。対象地域の面積は計画より増加し、受益人口はほぼ計画通りである。対象地域は、計画時の 6 区から 7 区に増えた。これは、両江新区という新しい行政区が追加されたことによる<sup>18</sup>。

表 14 対象地域及び受益人口（計画/実績）

| 処理場 | 面積（単位：km <sup>2</sup> ） |              |              | 受益人口（単位：万人）  |              |              | 対象区                          |
|-----|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|
|     | 2005 年<br>目標            | 2010 年<br>目標 | 2011 年<br>実績 | 2005 年<br>目標 | 2010 年<br>目標 | 2011 年<br>実績 |                              |
| 唐家沱 | 約 46                    | 約 68         | 約 100        | 約 80         | 約 88         | 約 82         | 渝北区、両江新区、江北区（重慶市中心部の北部と東部）   |
| 鶏冠石 | 約 98                    | 約 108        | 約 315        | 約 130        | 約 154        | 約 144        | 南岸区、渝中区、九龍坡区、沙坪壩区（重慶市中心部の南部） |
| 合計  | 約 144                   | 約 176        | 約 415        | 約 210        | 約 242        | 約 226        |                              |

出所：計画については審査時資料、実績については重慶排水公司質問票回答。

前出の受益者調査結果によれば、97%がトイレの設置や下水管接続により家庭での衛生環境が改善したと回答し、100%が市内の生活環境が改善したと回答した。トイレの設置や下水管接続は本事業に含まれていないが、本事業対象の下水処理設備がなければ、トイレの設置や下水管接続も進まないことから、家庭での衛生環境の改善は、本事業の間接的効果と考えられる。具体的に挙げられた改善点は以下のとおり。

- ・ 朝天門周辺（長江と嘉陵江の交差点）の水がきれいになった。九濱路周辺（渝中区の長江沿い）の衛生環境が改善した。以前は南濱路沿い（南岸区）の長江には黒い液体の流れが見られたが、最近はみられなくなった。三峡ダム（長江下流）の水がきれいになった。
- ・ 側溝の臭いがしなくなった。江北区北濱路沿いの川（嘉陵江）からの臭いがしなくなった。フェリーに乗る際、臭いを感じなくなった。（臭いがしなくなったので）窓を開けられるようになった。
- ・ ハエや蚊の数が減った。
- ・ 朝天門で釣りができるようになった。長江/嘉陵江の魚を食べられるようになった。
- ・ 川で泳げるようになった。
- ・ 鶏冠石周辺の水環境が改善し、ボートツアーが開催されるようになった。

受益者調査のサンプルが限られているため一般化は出来ないが、上記のとおり、長江及び嘉陵江の水質の改善が住民レベルでも実感され、水質改善により、釣り、遊泳、舟遊びなどレクリエーションも楽しめるようになったことが示唆される。本事業を含む重慶市の水質改善に関する継続的な取り組みを通じた水質の改善が、衛生状況や生活環境の改善に寄与していると考えられる。

<sup>18</sup> 出所：重慶排水公司質問票回答。

### 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

実施機関及び環境保護局のデータ、現地視察、受益者調査等から、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。

環境モニタリング体制に関しては、両処理場とも流入水・放流水の水質検査を実施している。毎日の検査項目は8項目（BOD、COD、TN、NH<sub>3</sub>-N、TP、pH、SS、大腸菌群）、毎月の検査項目は4項目（動植物油、石油、表面活性剤、色度）である<sup>19</sup>。処理後の水質は、国家排出基準1級Bを満たしている。両処理場とも、環境モデル都市事業により整備された汚染源モニタリングシステム<sup>20</sup>に接続されていることから、主要項目については、モニタリングセンターで1時間毎に確認できる体制になっている。

#### 【汚泥処理】

重金属含有量検査を行っており、国家基準を満たしている。一部セメントの材料や肥料として再利用され、残りは廃棄物最終処分場で適切に埋め立て処分されている。

#### 【悪臭・騒音】

両処理場は居住区から離れており、受益者調査結果においても悪臭・騒音等に関して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

第一期工事（世銀借款）の報告書<sup>21</sup>によると、住民移転・用地取得は、第一期工事の際に円滑に実施され、住民への補償金も適切に支払われた。第二期工事（本事業）においては新たな住民移転・用地取得は行われなかった。

#### 3.3.2.3 その他正負のインパクト

重慶市においては、長江及び嘉陵江の景観そのものが観光資源であり、河川の水質が改善されたことは経済的な効果もあると推測される。重慶市政府は、本事業完成後、市街区の両河川沿いに数キロにわたって遊歩道を整備し、数カ所に公園を整備した。また、長江と嘉陵江が交わる中心半島周辺には、水上レストランや河の眺めを楽しめるレストラン、展望台が年々増加しているとのことである<sup>22</sup>。河川の水質改善と観光産業/飲食産業の発展の関係を示すデータは得られなかったが、本事業を含む重慶市の水質改善や遊歩道の整備に関する継続的な取り組みが、重慶市の観光産業、飲食産業の

<sup>19</sup> 出所：重慶市排水有限公司質問票回答。

<sup>20</sup> 環境モデル都市事業は、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円借款事業。重慶では、2000年～2009年に、天然ガス供給システムの拡張、汚染源モニタリングシステムの整備、排煙脱硫装置設置等のサブプロジェクトが実施された。

<sup>21</sup> 「重慶都市環境事業」完了報告書（2010年）。

<sup>22</sup> 出所：重慶市排水有限公司への聞き取り調査。

発展を下支えしていると考えられる。

以上より、本事業の実施により概ね計画通りの効果発現が見られ、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

両処理場のアウトプットを表 15 に示す。アウトプットは、汚泥乾燥処理速度を上げるための設備を除いて、ほぼ計画通りだった。

表 15 アウトプット（計画/実績）

| 項目                                   | 計画  | 実績   |
|--------------------------------------|---|--|
| 唐家沱下水処理場<br>(30 万 m <sup>3</sup> /日) | 1) 土木工事、調達機器等の内容<br>汚泥処理施設、1 次沈殿池、生物反応池、2 次沈殿池等<br>2) コンサルティング・サービスの内容<br>a) 施工管理<br>b) 下水処理技術研修<br>① 汚泥再利用技術の移転。<br>② 水質モニタリングを含む下水処理場の運営・維持管理に必要な技術の移転。 | 計画通り。  |
| 鶏冠石下水処理場<br>(60 万 m <sup>3</sup> /日) | 同上  | ほぼ計画通り。汚泥乾燥処理速度を上げるための設備（変圧器、ボイラー、消毒加薬設備等）の追加。 |

出所：計画については JICA 審査時資料、実績については重慶市排水公司質問票回答。

#### 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 13,747 百万円（うち、円借款は 9,017 百万円、残りは中国側負担）に対し、実績は 12,123 百万円（うち、円借款は 9,017 百万円、残りは中国側負担）であり、計画比約 88%であった。競争入札による効率的な発注の結果、総事業費が減少した。

##### 3.4.2.2 事業期間

事業期間は計画を上回った。当初計画の 2002 年 3 月（L/A 調印月）～2005 年 12 月（事業完成）の 45 ヶ月に対し、実績は 2002 年 3 月（L/A 調印月）～2007 年 7 月の 64 ヶ月（計画比 142%）であった。遅延理由は以下のとおりである<sup>23</sup>。

- 1) 2003 年の重症急性呼吸器症候群（SARS）流行による調達手続き等の半年の遅延、
- 2) 2002 年～2004 年の資材価格の急騰等に伴い、設計・入札準備及び入札評価に慎重な検討と対応が必要となり、およそ 1 年を要したこと、
- 3) 事業実施中、鶏冠石処理場の汚泥搬出先である埋め立て処分場より、汚泥埋め立てによる二次汚染防止のため、汚泥乾燥処理速度をあげるよう要請があり、汚泥処理

<sup>23</sup> 出所：PCR、JICA 内部資料、実施機関質問票回答及び聞き取り調査結果。

- システムの設計変更や設備変更が必要となったこと、
- 4) 卵型汚泥消化タンクの特異な構造による設計・工事の若干の遅延、
  - 5) 事業進捗段階において地質学的な事由により工事施工図・内容の調整が必要になったこと。

しかし、工事期間中、遅延は最小限に留まっており、1つの要因としてコンサルタントと現地の監理会社により施工管理が適切に実施されたことが挙げられる。重慶市排水有限公司は、適切な施工管理がなされた結果、本事業が2007年（唐家沱）、2008年（鷄冠石）に「国家優良事業銀賞」を受賞したことにつながったと見ている。

### 3.4.3 内部収益率（参考数値）

#### 財務的内部収益率（FIRR）

審査時の前提条件<sup>24</sup>を用い、事後評価時のFIRRを再計算した結果、下表の通りとなった。唐家沱処理場のFIRRが計画より若干上回った理由は、下水道料金が0.8元/m<sup>3</sup>から1.24元/m<sup>3</sup>に引き上げられたことが考えられる。一方、鷄冠石処理場単独のFIRRの際再計算に必要なデータはそろわなかったが、事後評価時の重慶排水公司全体のFIRRは10.14%であり、問題ないと言える。EIRRは審査時点で算出されていないことから、事後評価時点においても算出していない。

表 16 財政的内部収益率（FIRR）

|          | 計画時  | 事後評価時  |
|----------|------|--------|
| 唐家沱処理場   | 8.2% | 9.12%  |
| 鷄冠石処理場   | 5.5% | NA     |
| 重慶排水公司全体 | NA   | 10.14% |

出所：JICA 審査時資料、重慶排水公司質問票回答

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、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。



唐家沱污水处理場（左奥が長江、左の卵型設備が消化池、右が沈殿池、生物反応池等）  
写真提供：重慶排水公司

<sup>24</sup> 便益：下水道使用料収入、費用：建設費用、維持管理・運転費用、プロジェクトライフ：20年。



### 3.5 持続性（レーティング：③）

#### 3.5.1 運営・維持管理の体制

実施機関は重慶市政府だが、具体的事業主体は1999年に設立された国有の重慶市排水有限公司である。2001年に22の子会社からなる重慶水務集団股份有限公司が設立され、重慶市排水有限公司はそのうちの1つとなった。重慶水務集団は市場規模335億円の重慶市八大投資グループの1つである。同集団は長江中下流域の水環境保護の役割を担っており、長江三峡貯水区の水管理に関しては中国最大の企業である。なお、重慶水務集団全体の給水処理能力は203万m<sup>3</sup>/日、汚水処理能力は208万m<sup>3</sup>/日である。

鶏冠石処理場の運営維持管理は重慶市排水有限公司が担っている。唐家沱処理場に関しては、2007年、重慶水務集団と中法水務投資有限公司<sup>25</sup>が出資して重慶中法唐家沱污水处理有限公司を設立し、重慶市政府から污水处理特許経営権を取得して運営維持管理を行っている。重慶市排水有限公司及び両処理場の職員数は以下のとおり。

表 17 職位毎の職員数

単位：人

| 職位       | 重慶市排水有限公司全体 | 鶏冠石下水処理場 | 唐家沱下水処理場 |
|----------|-------------|----------|----------|
| 経理       | 5           | 0        | 12(注1)   |
| シニアエンジニア | 14          | 2        | 3        |
| エンジニア    | 27          | 4        | 6        |
| 技術員      | 50          | 4        | 30       |
| 技師       | 5           | 2        | 3        |
| 熟練工      | 191         | 88       | 46       |
| 合計       | 292         | 100      | 95       |

出所：重慶市排水有限公司質問票回答。

注1：唐家沱処理場は重慶中法唐家沱污水处理有限公司により運営されているため、重慶市排水有限公司の経理とは異なる。シニアエンジニア3名、エンジニア2名が経理も兼ねている。

注2：唐家沱処理場の人数には外国人数名も含まれる。

以上、運営維持管理体制に問題は認められず、運営維持管理に必要な職員が確保されていると言える。

#### 3.5.2 運営・維持管理の技術

維持管理職員の職位別の人数は上記のとおりである。重慶市排水有限公司への聞き取り調査によると、本事業で実施した下水処理技術研修の内容は適切であり、その効果もあり、操業以降大きな問題なく運営維持されていることが確認された。維持管理機関により定期的に行われている研修は、安全生産、質量管理、下水処理業務規定、企業管理制度、財務などの内容について実施されている。研修は処理場内で実施されるほか、重慶市排水有限公司の親会社である重慶水務集団や、重慶中法唐家沱污水处理有限公司の研修所でも実施されている。重慶水務集団は、2008年に実施された「全国污水处理企業運行検査」において上位10社として表彰され、鶏冠石処理場も全国10

<sup>25</sup> 中法水務投資有限公司は、フランスの民間企業との合弁。

大下水処理場の1つに表彰された<sup>26</sup>。

以上、研修内容及び研修機会が充実していること、操業以降大きな問題なく運営維持されていること、重慶市水務公司や鷄冠石処理場は全国的にも高い評価を得ていること、唐家沱処理場は中法水務投資有限公司に出資しているフランスの民間企業との協力により下水処理技術の向上を図っていること等から、両処理場は運営維持管理に必要な技術を有していると判断される。

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

審査時、事後評価時共に、下水道料金は上水道料金とあわせて重慶市政府により徴収されている。重慶市の下水道料金を表18に示す。下水処理料金は上水道料金の改定にあわせて見直されており、ほぼ計画どおりの値上げ幅である。また、受益者調査においても92%が料金は妥当だと回答していることから、適切に設定されていると考えられる。

表18 重慶市下水道料金

単位：人民元/m<sup>3</sup>

| カテゴリー | 事業完成後<br>(2005年)計画 | 2010年計画 | 2006年実績 | 2007年～2009年<br>実績 | 2010年～現在<br>実績 |
|-------|--------------------|---------|---------|-------------------|----------------|
| 一般家庭  | 0.8                | 1.5     | 0.6     | 0.7               | 1.0            |
| 商業    |                    |         | 0.9     | 1.0               | 1.3            |
| 工業    |                    |         | 0.9     | 1.0               | 1.3            |

出所：重慶市排水公司質問票回答。

運営維持管理費に関しては、審査時、政府が必要な費用を下水処理場に配分し、資金不足の場合は重慶市政府の予算から補填されることになっていた。2007年の事業完成以降は、汚水処理量に応じて対価が支払われる方式に変更された。重慶市政府と重慶排水公司の契約単価は3.25元/m<sup>3</sup>で、収入は運営維持管理費用のほか将来的な設備投資に振り分けることが可能となった。

表19に重慶市排水有限公司の財務状況を示す。2007年の本事業完成以降、下水処理量の増加及び上記の理由により収入及び利益が増加した。また、上述した方式の変更を契機として、維持管理業務の効率化やコスト削減などの経営改善に努力しており、利益の増加につながっている。以上、財務的持続性に問題は認められない。重慶中法唐家沱污水処理有限公司の財務諸表については得られなかった。

<sup>26</sup> 出所：「鷄冠石污水処理場簡介」。

表 19 重慶排水会社の財務状況

単位：百万元

| 項目         | 2006年   | 2007年   | 2008年   | 2009年   | 2010年   |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 収入         | 202.63  | 639.49  | 761.39  | 785.37  | 824.13  |
| 運営費用       | 202.31  | 261.63  | 406.59  | 314.21  | 405.99  |
| (うち維持管理費用) | 103.5   | 138.9   | 273.81  | 185.86  | 269.76  |
| 利益         | 0.32    | 377.86  | 354.8   | 471.16  | 418.14  |
| 総資産        | 3211.95 | 3394.84 | 3655.85 | 3600.47 | 3595.4  |
| 流動資産       | 338.11  | 875.05  | 1014.95 | 991.65  | 1069.27 |
| 固定資産       | 2873.84 | 2519.79 | 2640.9  | 2608.82 | 2526.13 |
| 流動負債       | 208.49  | 117.6   | 94.87   | 57.48   | 50.12   |
| 自己資本       | 1285.09 | 1268.63 | 1271.63 | 1271.63 | 1591.77 |
| 負債         | 1926.86 | 2126.21 | 2384.22 | 2328.84 | 2003.63 |

出所：重慶排水会社質問票回答

### 3.5.4 運営・維持管理の状況

維持管理の難易度等により重要機材、主要機材、一般機材に分け、それぞれ維持管理計画を作成している。現地視察の結果、両処理場とも維持管理状況は良好である。また、両処理場ともマニュアルがよく整備されている。各処理場で確認された主要なハンドブックやマニュアルは以下のとおり。



唐家沱処理場  
操作規程マニュアル



鷄冠石処理場  
操作規程、ハンドブック等

唐家沱処理場：

規則・制度マニュアル、操作規程マニュアル、緊急対応マニュアル、作業工程図、各種記録表雛型集。

鷄冠石処理場：

職員ハンドブック、安全生産ハンドブック、設備安全操作規程、作業安全操作規程。

マニュアルや維持管理計画の整備状況、維持管理状況等から、両下水処理場とも良好に運営・維持管理されていると言える。

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

中国政府及び重慶市政府は、長江及び長江支流の嘉陵江の水質汚濁対策を重点課題として位置づけ、様々な取り組みを進めており、本事業はその一環として実施された。重慶市では、急速な都市化や工業化に伴い生活・工業排水が増加し、水質汚染が深刻化していた。

また、長江の下流には三峡貯水池も位置していることから、下水処理設備の整備による河川の水質改善の緊急性、必要性は高かった。下水処理能力の向上、汚染物質排出量の削減、処理水の水質改善、市内河川の水質改善など、概ね計画通りの効果の発現が見られ、かつ、河川沿いの住民の生活環境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。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。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

## **4.2 提言**

### **4.2.1 実施機関への提言**

なし。

### **4.2.2 JICA への提言**

なし。

## **4.3 教訓**

なし。

## 主要計画／実績比較

| 項目  | 計画（計画時）   | 実績  |
|---|---|---|
| ① アウトプット<br>1) 土木工事、調達機器等の内容<br><br>2) コンサルティング・サービスの内容 | 唐家沱下水処理場（30万 m <sup>3</sup> /日）及び鶏冠石下水処理場（60万 m <sup>3</sup> /日）の汚泥処理施設、1次沈殿池、生物反応池、2次沈殿池等<br><br>a) 施工管理<br>b) 下水処理技術研修<br>① 汚泥再利用技術の移転<br>② 水質モニタリングを含む下水処理場の運営・維持管理に必要な技術の移転 | 唐家沱下水処理場：計画通り。<br>鶏冠石下水処理場：ほぼ計画通り。汚泥乾燥処理速度を上げるための設備（変圧器、ボイラー、消毒加薬設備等）の追加。<br><br>計画通り。        |
| ② 期間  | 2002年3月～2005年12月<br>(45ヵ月)  | 2002年3月～2007年7月<br>(64ヵ月)   |
| ③ 事業費<br>外貨<br>内貨<br><br>合計<br>うち円借款分<br>換算レート          | 9,017百万円<br>4,730百万円<br>(315百万円)<br>13,747百万円<br>9,017百万円<br>1元＝15円<br>(2001年9月現在)  | 9,017百万円<br>3,106百万円<br>(218百万円)<br>12,123百万円<br>9,017百万円<br>1元＝14.28円<br>(2002年3月～2009年7月平均) |