

中華人民共和国

長沙市導水及び水質環境事業

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 スズキ S. ヒロミ

0. 要旨

本事業は湖南省長沙市において、上下水道の整備を行うことにより、湘江の水質汚染問題を解消し、市民の生活環境の改善を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国政府、湖南省、長沙市政府の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。上水道事業の運用・効果指標については、目標の達成度合いは計画時と比べると中程度ではあるが、事後評価時に確認できた長沙市全体の給水システムに果たしている役割を考慮した場合、十分効果が認められる。下水道整備事業については、全ての指標が審査時の目標を達成しており、湘江等市内を流れる河川の水質汚染の改善、及び住民の生活環境の改善に対する効果も認められ、本事業の有効性・インパクトは高い。事業費、事業期間ともに計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。運営・維持管理の体制、技術、財務状況については問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

1. 案件の概要



事業位置図

写真1 株樹橋ダム湖からの導水管

1.1 事業の背景¹

長沙市は中国中部地区に位置する湖南省の省都であり、2003年時点、約196万人の市街区人口を有し、省の政治・経済・財政の中心として急速に成長していた。しかし、その経済成長及び人口増加の進展と比べ、市の上下水道整備は遅れており、水道普及率は70%、下水道処理率は37%に留まっていた。なお、長沙市の給水は100%湘江よ

¹ JICA 提供資料や実施機関提供資料に基づく。

り引水していると同時に、湘江は生活及び工業排水の排水先でもあった。その唯一の水源である湘江が、冬季に約3カ月間極度の渇水状況に陥るといった状況が1990年代から数年続き、市民の飲用可能な良質の上水の確保は困難を極め、同時に未処理の生活・工業排水が湘江の支流である市内の河川に放流されていたため、流量減と相まって湘江の深刻な水汚染は市民の生活環境の悪化、さらには下流域の洞庭湖、長江の水質汚染の一因ともなっていた。

1.2 事業概要

湖南省長沙市において、取水・導水施設及び浄水場の建設、並びに下水道の整備を行うことにより、上水供給能力及び污水处理能力の向上を図り、もって湘江の水質改善及び長沙市の衛生状況の改善に寄与する。



図1 事業配置図

円借款承諾額／実行額	19,964 百万円／19,803 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：上水道整備 1.5%、 下水道整備・研修事業 0.75% 返済：上水道整備 30 年（うち据置 10 年）、 下水道整備・研修事業 40 年（うち据置 10 年） 調達条件：一般アンタイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／長沙市人民政府
貸付完了	2012 年 7 月 26 日
本体契約	Hubei International Trade Investment & Development Co. Ltd. (中華人民共和国)、China Textile Industrial Corporation for Foreign Economic and Technical Cooperation (中華人民共和国) / Hunan Technical Import & Export Corporation (中華人民共和国) (JV)

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	F/S：中国市政工程華北設計研究院 (2003年3月実施)
関連事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 円借款：長沙市上水道整備事業（L/A 調印月：2001年3月） ● 世界銀行：Hunan Urban Development Project（2004年9月～2012年10月）

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：2014年8月～2015年11月

現地調査：2014年11月18日～11月26日、2015年3月30日～4月5日

2.3 評価の制約

本事業は「湘江の水質改善及び長沙市の衛生状況の改善」をインパクトとしている。特に「湘江の水質改善」については、①湘江からの取水を削減すること、および②直接・間接的に湘江に放流される下水の処理を進めることを通じて達成することが期待されていた。①については、取水量を削減するだけでは汚染濃度が下がったとしても、根本的な水環境改善を図ることには繋がらないことに加え、審査時においても、どの程度の取水量の削減がインパクトの発現に必要であるのか等の前提も明確にされておらず、「湘江の水質改善」を図るための方法として取水量の削減を設定することには限りがあったと思われる。他方、②については、そもそも湘江には2,000以上の支流があり、上流の産業（重金属工業）による未処理の廃水の放流等が湘江の水質汚染の根本的な原因となっている。湘江の下流域の水質の変化は、これらの産業排水が汚染の原因となっており、本事業の下水処理場がどの程度湘江の水質改善に寄与したのかを明確にするには、外部要因が大きい。本事後評価では、本事業で整備された下水処理施設の効果、および入手可能であった湘江の水質に関するデータを用いてインパクトを評価したが、上述の制約により、本事業のインパクトの度合いを的確に測るまでには至らなかった。

3. 評価結果（レーティング：B²）

3.1 妥当性（レーティング：③³）

3.1.1 開発政策との整合性

審査時の中国の開発政策「第10次5カ年計画（2001年～2005年）」では、上水道については水資源開発・水利用の効率向上を目標とし、下水道については、水質の汚染源対策を促進し、全ての都市に下水処理施設を建設することを掲げた。これらの目標達成に向けた具体的な施策として「第10次5カ年国家環境保護計画（2001年～2005年）」が策定され、特に水不足が深刻な大中規模都市の水源確保と並んで、地方都市上水インフラ整備が重点課題として位置づけられた。また水質汚染の改善のため、主要な汚染物の総排出量の削減と下水道事業の強化を打ち出し、汚染排出費用徴収制度、下水道料金改定、民間資本の環境産業への導入等、市場メカニズムの導入を推進した。特に大中規模都市の水源確保については、2000年の政府通達⁴により、都市部における単一水源を改め、水源を複数確保し水資源の配分の最適化を図ることを打ち出した。これを受け、長沙市では中長期政策として、「長沙市中長期発展戦略綱要（2002年～2020年）」を策定し、上水道については、国家水質基準第II類⁵である瀏陽市株樹橋ダムを長沙市の第2の水源として開発し、湘江からの取水を削減することで同河川の汚染濃度を下げることにより、水質を飲料用水源として求められる国家水質基準第III類以上に改善することを掲げた。加えて、6カ所の浄水場の拡大・新設を通じ給水規模を拡大し、水道普及率100%を目指した。下水道については、本事業によって汚水処理場2カ所を新增設し、2015年までに下水処理率80%を達成することを目標とした。また、下水管網を整備し、長沙市の水環境改善、特に汚水・処理水が流れ込む湘江の水質改善を行うことを目標とした。

事後評価時における国家政策「第12次5カ年計画（2011年～2015年）」は、環境保護に関する施策として、「第12次5カ年国家環境保護計画（2011年～2015年）」及び「第12次5カ年計画の省エネ・排出削減総合活動プラン（2011年～2015年）」を策定した。前者では2015年までに都市・農村の飲用水水源地における環境の安全性を保障し、水質の向上に努めることを掲げており、後者では、2015年までに、都市部の汚水処理率を85%に向上する目標が掲げられた。これらの国家計画に基づき、湖南省は「湖南北省国民経済と社会発展第12次5カ年計画（2011年～2015年）」を、長沙市は「長沙市国民経済と社会発展第12次5カ年計画（2011年～2015年）」を策定した。特に後者の計画では、上水道について、水資源の合理的な開発と利用、飲用水の水源地

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 11月7日発布 國務院文書 国発〔2000〕36号。

⁵ 「地表水環境品質基準（国家環境保護総局2002年4月28日公布）」：I類：主に水源地の水、国家自然保護区／II類：主に集中式生活飲用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：主に集中式生活飲用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。

を厳格に保護することを掲げている。さらに、浄水場の新設・拡張、及び都市水供給管網の整備を進め、2015年には市街地の1日当たりの給水能力を220万 m^3 /日までに増やすことを掲げている。下水道については、中心市街地に合計8カ所の污水处理場を新設・拡張し、さらに污水管網(4km)を新設することで、都市污水处理率を95%まで向上することを掲げている。また、汚泥処理の高速化や再生水利用事業等を推進することも掲げている。

上記の政策に加え、2015年4月16日に、国務院が「水質汚染防止行動計画(水十条)(国務[2015]17号)」を制定した。同行動計画では、汚染物質排出の全面抑制、節水と水資源の保護の強化、法執行・監督管理の厳格化、水環境管理の強化、地方政府の責任強化等を含む10の側面から水質汚染防止措置を取ることを示している。さらに、2020年までに、長江や黄河を含む7つの流域において、国家水質基準Ⅲ類、もしくはそれ以上を達成することや、都市部における污水处理率を95%までに改善する等の具体的な目標も設定されている。

以上から、国家、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(飲用水・排水)の改善を進めることが掲げられており、引き続き上下水道が重要な分野であることがうかがえる。本事業と中国国家開発政策との整合性は高いと評価できる。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

- a. 上水道事業：審査時の長沙市街区の人口は196万人(2003年)、人口の増加、経済の成長に伴い、2010年には最大需要が173万 m^3 /日に達する見込みであるのに対し、供給能力は143万 m^3 /日にとどまり、30万 m^3 /日の不足が見込まれていた。当時、長沙市の唯一の水源は湘江のみであったが、その湘江が冬季3カ月ほど極度の渇水状態に陥ることが数年続いており、流量減による水質汚染が加速し、飲用可能な良質な上水の確保は困難を極めていた。このような状況に対応するため、長沙市の長期計画では、本事業を含めた導水管敷設、浄水処理場建設、市内給水管網整備を進める計画が優先事業として含められ、2015年までに給水能力を220万 m^3 /日に増加するという目標が掲げられた。

事後評価時の長沙市の人口は371万人(2014年)と、審査時と比較して約89%増加しているが、水道普及率は100%を達成し、2015年までに給水能力を220万 m^3 /日にする目標についても、事後評価時、すでに231万 m^3 と目標を達成している。しかし、最新の長沙市中長期計画によれば、今後も急速な都市開発が進み、2020年までに市街区の人口が629万人に増加すると見込まれている。これを受け、水源については、主要給水源の湘江に加え、瀏陽市株樹橋ダムや達滸ダムを水源として整備し、市街区に13の給水施設を整備することで、2020年までに総給水規模を400万 m^3 /日まで増やす計画がある。なお、本事業で整備された廖家祠堂浄水場は、第1、3、5、8、松唾河浄水場と配水管で連結して

おり、需要の増加や、メンテナンスを行うためにいずれかの浄水場を一時的に稼働停止するといった必要が生じた場合、担当給水区域を超え、他の区域の給水もカバーできる体制となっており、長沙市街地の給水システムの一部として重要な役割を担っている⁶。

表1 長沙市の浄水能力 (万 m³/日)

浄水場名	水源	審査時	事後評価時
第1浄水場	湘江・達滸ダム	20	20
第2浄水場	湘江	5	10
第3浄水場	湘江	30	30
第4浄水場	湘江	20	40
第5浄水場	湘江・株樹橋ダム	30	30
第8浄水場	湘江	50	50
望城浄水場	湘江	5	15
松唾河浄水場	撈刀江（湘江の支流）	6	6
廖家祠堂浄水場（本事業）	株樹橋ダム	—	30
	合計	166	231

出所：実施機関提供資料

- b. 下水道事業：2003年当初の長沙市の下水処理率は約37%に留まっており、急速な人口増加及び経済発展に追いついていない状況であった。低い下水処理率は湘江等市内河川の深刻な汚染、さらに下流域の洞庭湖、長江の水質汚染の一因にもなっていた。長沙市の中長期計画では、本事業によって汚水処理場2カ所を新增設することで2010年までに下水処理率70%を達成することを目標とし、下水道事業の開発ニーズは高かった。事後評価時においても、前述のとおり、今後の人口増加、都市開発により下水処理ニーズが2020年には283万 m³/日まで増加すると見込まれており、同ニーズに対応するため、下水処理場を14カ所に増やし、処理規模を事後評価時の128万 m³/日から353万 m³/日までに拡大する計画を進めており、引き続き下水道インフラ整備のニーズは高い⁷。

⁶ 2014年に松唾河浄水場の設備に問題が生じ、一時的に飲用水の水質が確保できないといった非常事態が発生した際には、本事業で整備した廖家祠堂浄水場が、松唾河浄水場給水担当区域の給水を行い、住民の飲用水の水質が確保された。

⁷ 湘江の枯渇問題については、上流にダムを建設（2011年完成）することで解決した。しかし、流量が安定したものの、川の流動性が低下したことにより、河川の自然浄化作用も低下した。加えて河川舟運が増えたため、湘江の水質改善ニーズも依然として存在している。

表 2 長沙市汚水処理能力
(万 m³/日)

汚水処理場名	審査時	事後評価時
第 1	18	18
第 2	14	14
岳麓下水処理場	—	30
新開鋪下水処理場(本事業)	—	10
花橋下水処理場(本事業)	—	16
長善院下水処理場	—	16
開福下水処理場	—	20
坪塘下水処理場	—	4
合計	32	128

出所：実施機関提供資料。

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としては、「対中国経済協力計画（2001 年策定）」、「海外経済協力業務実施方針（2005 年～2008 年）」、「国別業務実施方針（2002 年～2005 年）」があり、いずれにおいても「環境保全」に重点が置かれている。特に「国別業務実施方針」では、上下水道施設整備への支援等、政府の役割が求められる公的な事業を重点分野としており、環境行政能力向上等、ソフト面の支援を行うために、地方自治体等との連携を強化し、日本のノウハウの移転に努めるとしており、本事業と日本の援助政策には高い整合性が認められる。

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 効率性⁸（レーティング：①）

3.2.1 アウトプット

本事業は上水道事業、下水道事業、研修事業の 3 つから構成されている（詳細については「主要計画／実績比較」を参照）。計画と実績値の変更の有無と、その理由については以下のとおりであった。

3.2.1.1 上水道事業

a. 取水・導水事業

- ・瀏陽市株樹橋ダムからの取水施設の能力は 95 万 m³/日から 65 万 m³/日（計画比 68 %）と変更となった。変更の理由は、瀏陽市株樹橋ダムの取水施設を市政府が 2020 年までの開発計画に基づき、2015 年と 2020 年までに 2 期に分けて実施することにしたためである。本事業では 65 万 m³/日を整備し、残りは別途自己負担で整備することになった。なお、本アウトプットの変更は、第 1 期で

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。

2015年までのニーズを満たすために必要な整備を行い、第2期で2020年までに残りを整備するという市政府の計画に基づくものであり、効率性の観点から妥当であったといえる。

- ・ 導水管敷設：計画では76 kmを整備する予定であったが、事業開始後、国家水質基準Ⅱを満たしている瀏陽市株樹橋ダムの水を、既存の第5浄水場にも送水し、さらに市民の生活環境改善を高めることを目的とし、長沙市政府が第5浄水場までの導水管22 kmの増設を要請したため、実績は98 kmと計画比129%となった。本アウトプットの変更は、より多くの長沙市民の生活環境を可能にするものであり、妥当であったといえる。
- ・ 廖家祠堂浄水場建設：計画どおり処理能力30万 m³/日の浄水場が整備された。
- b. 配水管網整備：計画では合計553 km（新設412 km、改修141 km）を整備する予定であった。実績では、本事業においては23.23 kmのみを新設し、残りは全て別事業として、本事業の範囲外で実施された⁹。事後評価時には、新設対象配水管のうち1.37 kmは整備途中であったが、残り387.40 km、および改修対象配水管141 kmは整備済みであった（配水管網整備の詳細については、後述「3.2.2.2 事業期間」を参照）。なお、都市インフラ整備の観点からは事業費等効率化のため、道路整備と同時に配水管のみならず下水管や電線等を整備することは妥当であり、アウトプットの変更とその理由は適切であったといえる。

3.2.1.2 下水道事業

- a. 新開鋪污水处理場建設：ほぼ計画どおり、A2O法¹⁰による処理能力10.7万 m³/日（計画比107%）の污水处理場が整備された。
- b. 花橋污水处理場建設：ほぼ計画どおり、A2O法による処理能力16.86万 m³/日（計画比105%）の污水处理場が整備された。
- c. 下水管網整備：計画116.60 kmに対し、119.51 kmとほぼ計画どおり整備された。
- d. ポンプ場建設：9カ所の整備が計画されていたが、都市計画及び下水道網計画の合理化のため、ポンプ場3カ所を取りやめ、6カ所を整備した¹¹。これらの変更による下水道事業の運用・効果に影響は生じていなく、アウトプットの変更は妥当であったといえる。
- e. 研修：約57人を対象とした污水处理場の運用・維持管理、浄水場の運用・維

⁹ 配水管網整備は、長沙市引水会社の浄水を購入している星沙供水公司や各区の供水公司が費用負担し整備された。

¹⁰ 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。

¹¹ 建設を取りやめたポンプ場は、麻陽橋下水ポンプ場、蔡家浸水ポンプ場、圭塘河ポンプ場であった。ただし、圭塘河ポンプ場の排水曹の貯留容量は労働路污水ポンプ場に統合された。

持管理、排水管網及びポンプ場の運用・維持管理、水質の化学分析とモニタリング等に関する研修が計画されていた。実績は 54 人とほぼ計画どおりであった¹²。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

事業費の計画値は 46,963 百万円、うち外貨 19,964 百万円、内貨 26,999 百万円であり、円借款対象となるのは外貨 19,964 百万円であった。実績値は 71,547 百万円（円借款 19,803 百万円）であった。計画比 152%と事業費は計画を大幅に上回った。

表 3 事業費の計画と実績

単位：(百万円)

項目	計画値			実績値			計画比
	円借款	内貨	合計	円借款	内貨	合計	
導水及び浄水場建設 (配水管網整備含む)	10,185	13,367	23,552	12,918	26,595	39,513	168 %
新開舗汚水処理場建設 (関連下水管網・ポンプ場整備含む)	3,024	3,365	6,389	3,225	8,194	11,418	179 %
花橋汚水処理場建設 (関連下水管網・ポンプ場整備含む)	6,068	6,663	12,731	3,648	10,904	14,553	114 %
研修	30	0	30	12	0	12	40 %
ブライス・エスカレーション	657	199	856	0	0	0	0 %
予備費	0	2,181	2,181	0	80	80	4 %
建中金利	0	1,224	1,224	0	5,971	5,971	488 %
合計	19,964	26,999	46,963	19,803	51,744	71,547	152 %

計画値：為替レート：1 ドル=110 円、1 ドル=8.28 元、1 元=13.3 円、ブライス・エスカレーション年率：外貨 1.4%、内貨 0.4%、物的予備費率：外貨、内貨とも 5.0%、コスト積算基準時期：2004 年 9 月

実績値：年毎の内貨建額は入手できなかったため、2005 年～2012 年までの年平均為替レートを算出し(1 円=0.0732 元)、換算した値

出所：計画は JICA 提供資料、実績値は実施機関

上水道事業の取水施設の能力および配水管網総延長、下水道事業のポンプ場の数に関するアウトプットの減少にもかかわらず、事業費が計画を大幅に上回った主な理由は、次の 3 点である：①F/S 時における地質調査¹³では判明していなかった地形や断層の存在が明らかとなり、計画よりも導水管、配水管網、汚水処理場、下水管網の工事費が高んだ。②資機材等の物価が上昇した。③事業費は円借款の他に、国内の商業銀行からの融資によっても賄われており、その国内融資が増加したことに加えて、金利

¹² 研修の受入機関は、鹿児島市水道局、福岡市水道局であった。研修期間は、第 1 期 2011 年 1 月 5 日～1 月 19 日、第 2 期 2012 年 2 月 13 日～2 月 27 日であった。

¹³ 実施機関への聞き取り調査に基づけば、中国における F/S 時の地質調査は、国家基準が定める精度で実施され、詳細設計時に必要であればより詳細な地質調査を行うのが標準的なプロセスであるとのことであった。本事業の F/S は 2004 年 3 月に国家発展改革委員会からの承認を得ており、F/S 時の地質調査は中国の国家基準を満たしたものと見える。国家の承認を得ているという観点から、詳細設計時においてもより精度を高めた追加調査等は実施されなかった。しかし、事業開始後、地質調査の精度不足に起因する様々な問題が発生したことを考慮すると、F/S 時および詳細設計時の地質調査の精度を上げることが、その後の事業の効率的な実施につながったものと推測される。なお、実施機関からは、「F/S 時の地質調査をより綿密に実施すべきであった」という意見があった。

も上昇したため、工事期間の延長とともに建中金利が大幅に増えた。特に①については全コンポーネントで地質関連の問題が生じたことから大幅な基礎工事を追加する結果となった。

3.2.2.2 事業期間

計画時の事業期間は、2005年3月から2008年12月（3年10カ月、合計46カ月）であったのに対し、実績は2005年3月から2012年8月（7年6カ月、合計90カ月）、計画比196%であり、計画を大幅に上回った¹⁴。

表4 事業期間の計画と実績

行程		計画	実績	計画比*
L/A 調印		2005年3月31日	2005年3月31日	—
入札準備		2005年3月～2006年12月 22カ月	2005年3月～2006年12月 22カ月	計画どおり
土木工事入札手続き		2005年5月～2006年12月 20カ月	2005年5月～2009年3月 47カ月	235%
設備・機材入札手続き		2005年8月～2006年12月 17カ月	2005年8月～2010年8月 61カ月	359%
土木工事準備		2005年4月～2006年5月 14カ月	2005年4月～2006年5月 14カ月	計画どおり
土木工事	取水・導水施設	2006年1月～2007年12月 24カ月	2006年2月～2010年8月 55カ月	229% 開始遅延： 1カ月
	廖家祠堂浄水処理場建設	2006年1月～2007年9月 21カ月	2005年10月～2009年10月 49カ月	233%
	配水管網整備	2006年1月～2007年12月 24カ月	2010年11月～2012年4月 18カ月	75% 開始遅延： 58カ月
	新開舗汚水処理場建設	2006年1月～2007年9月 21カ月	2006年9月～2009年6月 34カ月	162% 開始遅延： 8カ月
	花橋汚水処理場建設	2006年1月～2007年9月 21カ月	2005年11月～2009年3月 41カ月	195%
	下水管網整備	2006年1月～2007年12月 24カ月	2005年9月～2011年5月 69カ月	287%
機材調達・設置・テスト 運転		2006年1月～2008年12月 36カ月	2006年1月～2012年8月 80カ月	222%
研修		2006年1月～2008年12月	2011年1月～2012年2月	—

出所：計画はJICA提供資料、実績は実施機関提供

事業完了の定義：全事業の工事完了検査・テスト運転の完了。

事業期間の大幅な遅延理由は以下3点にまとめられる：

- a. 入札手続き：「c. 配水管網整備」にも記載しているとおり、市政府の配水管敷設に関する方向性が確定するまでに時間を要したことが主たる遅延要因であった。加えて、導水管が多数の県を通過することで、各県政府との調整に時間を要し、さらなる入札手続きの遅延につながった。土木工事の入札手続きが遅れた結果、設備・機材入札手続きも遅延した。さらに、実施機関が、円借款事業における入札・承認の手続きに不慣れであったことも遅延の一因であった。

¹⁴ なお、事業完了の定義は「全事業の工事完了検査・テスト運転の完了」である。

- b. 地質調査の精度：F/S 時の地質調査の範囲では予測不可能であった地盤や地形の問題が明らかとなり、取水・導水施設では地下敷設工事で山崩れが発生し、工事全体を変更する必要が生じ、敷設工事後の復旧作業のための工事も増えた。同様に、廖家祠堂浄水処理場、新開鋪汚水処理場、花橋汚水処理場の全ての工事においても、予期していなかった地形が明らかとなる、地質条件が予想以上に悪いことが判明する等の問題が生じ、基礎改良工事が大幅に増え、事業期間の長期化につながった。
- c. 配水管網整備：配水管網整備は 2006 年 1 月に開始する予定であったが、実際は 2010 年 11 月に開始した。この背景には、市政府内で、長沙市街地区の配水管網の設計について調整が付かなかったこと¹⁵、施工上の効率性を考慮し、道路に沿って配水管を整備する区間（1.37 km）については、道路整備と同時に配水管の整備を行うことが決まったことが挙げられる。事後評価時、道路整備に遅延が生じていたため、上記 1.37 km 分については整備途中であった¹⁶。残りの配水管網については、本事業で 23.23 km を整備し、387.40 km は別事業として整備を行った。

3.2.3 内部収益率（参考数値）

審査時において財務的内部収益率（FIRR）のみ算出されたため、事後評価時も可能な限り審査時と同様の条件の下、FIRR の再計算を行った。取水・導水事業、廖家祠堂浄水処理場事業は、事業費が計画時を大幅に上回ったためマイナスとなった。新開鋪汚水処理場、及び花橋汚水処理場については、2014 年の料金改定により収入が増加したことで、それぞれ 1.16%と 3.21%であった。

¹⁵ 専門家の間で、1 管路にすべきか、2 管路にすべきかに関する議論が発生し、2010 年 7 月まで決着が着かなかったためである。2 管路にすることで、瀏陽市株樹橋ダムから取水した良質な水を住民の生活用水に、湘江から取水した水は産業用にと、使い分けるべきであると主張する専門家と、2 管路にすることは長期的観点からも非効率的であり、計画どおり 1 管路にすべきという専門家が対立した。最終的には費用及び長期的な維持管理等を考慮し、1 管路にすることが決まった。

¹⁶同配水管は「紅旗路」道路と同時に整備が進んでおり、2015 年中には完了予定である。なお、同地域は高速鉄道の駅付近の開発地区であり、これから人口増加が見込まれる地域である。

表 5 審査時・事後評価時の内部収益率

審査時	事後評価時
<ul style="list-style-type: none"> 取水・導水事業・ 廖家祠堂浄水処理場事業：6.22 % 新開舗汚水処理場建設事業：4.30 % 花橋汚水処理場建設事業：4.23 % 	<ul style="list-style-type: none"> 取水・導水事業・ 廖家祠堂浄水処理場事業：-3.98 % 新開舗汚水処理場建設事業：1.16 % 花橋汚水処理場建設事業：3.21 %
費用：事業費・運営・維持管理費 便益：料金収入 プロジェクトライフ：20年	費用：左記と同じ 便益：左記と同じ プロジェクトライフ：20年

出所：審査時数値は JICA 提供資料、事後評価時は、実施機関から入手した情報を基に評価者が算出。

以上より、本事業は事業費、事業期間ともに計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。

3.3 有効性（レーティング③）

3.3.1 定量的効果（運用・効果指標）

- a. 上水道事業：上水道事業の定量的効果を評価するにあたり、本事後評価では、①廖家祠堂浄水場の給水担当地域（星沙地区、新世紀地区、五一路以北）の水道普及率がほぼ 100%と効果が確実に発現している点、②廖家祠堂浄水場が長沙市全体の給水システムに属していることから、給水担当地区以外の地区の需要増加や、緊急時、メンテナンス時において、他の



写真 2 廖家祠堂浄水場

浄水場を補完する役割を果たすために必要な浄水能力を有しており、安定且つ安全な長沙市の給水システムの確保に貢献している点、③廖家祠堂浄水場の給水担当地域の開発が遅れてはいるものの、開発は確実に進められており、今後同地区の人口が増加すると伴に需要が高まることが見込まれる点、という 3 点に重きを置いた。

審査時に設定された廖家祠堂浄水場の運用・効果指標は表 6 に示す通りである。運用指標の評価は「基本指標¹⁷」を基に行い、効果指標は、「水道普及率」のみの設定であったため、同指標の達成度合いに基づき行った。

運用基本指標について、評価に際し考慮すべき点として、①廖家祠堂浄水場の給水担当地域の都市開発が、計画時に比べて遅れていることから、同地域の給水人口が想定されていたとおりに増加していない、および、②審査時の目標値を設定した際、長沙市全体の給水システムを考慮し、そのシステムの中におけ

¹⁷ 給水人口、一日最大給水量、一日平均給水量、最大施設利用率、平均施設利用率、無収水率を基本指標とした。

る本事業の役割を明確化したうえで設定した目標値になっていたのか否かが明確でない¹⁸、の2点があげられる。表6に示すとおり、運用基本指標は、いずれも事業完成2年後において目標値を達成できていない、しかし上記2点を考慮した場合、これらの値が必ずしも低い評価には繋がらないと考えられる。第1に、都市計画の遅延は本事業にとっては外部要因であり、給水人口が想定目標とされていた70万人に対し、2012年にはその37%の25.8万人まで増加しなかったのであれば、審査時に予定されていた通りの給水量や施設使用率も達成はできない。従って、目標を100%達成できていないことが、必ずしも本事業の効果が発現していないという結論にはならない。なお、運用基本指標の事業完成2年後の目標達成度合いは、無収水率が100%、その他の指標は37%～52%であった。しかし、事業完了3年後以降は給水人口の増加と共に、全ての指標が目標の50%以上は達成できており、改善傾向にある。加えて今後、廖家祠堂浄水場の給水担当地区の開発が進み、紅旗路道路整備と並行して整備が進んでいる配水管網1.37kmが2015年内に完成した後は、廖家祠堂浄水場の一日平均給水量は約20万m³/日に増え、平均施設利用率も81%に増加する予定であり、近い将来、計画されていた利用率に達する可能性は高い¹⁹。第2に、廖家祠堂浄水場が属する給水システムの他の浄水場の平均施設利用率は2014年現在75%であり、長沙市全体の安定した給水を確保するとともに、各々の給水担当地区の需要に応じた施設利用率となっている。例えば人口が集中している第3、第8浄水場の平均施設利用率はそれぞれ100%と89%であるが、本事業と同様の対象人口規模および、同じ処理能力である第5浄水場の施設利用率は66%である。これらの点を考慮すると、今後都市開発が進むことが見込まれている地区の給水を担当する廖家祠堂浄水場の平均施設利用率が約60%であることは妥当であるといえる。加えて、「3.1.2 開発ニーズとの整合性」でも記載しているとおり、本事業は長沙市の給水システムの一部として、他の浄水場を補完するという役割も果たしており、システム全体の安全性と安定供給を考慮した際、ある程度余裕がある稼働を行うことは必要不可欠である。

効果指標について、水道普及率は、廖家祠堂浄水処理場の事後評価時の給水担当地区の配水管網整備は、前述のとおり1.37kmを除き整備済みであり、ほぼ100%

¹⁸ 審査時、最大施設利用率と平均施設利用率の目標値をそれぞれ100%および80%に設定していたが、長沙市全体の安定した給水を確保するためには、ある程度システム全体に予備の能力を確保しておくことが必要である。本文にも記載している通り、審査時、廖家祠堂浄水場が長沙市全体のシステムで如何なる役割を果たすことが期待されていたのかに関する詳細な説明がなく、審査時に設定された目標値は給水システムに属する浄水場という観点よりも、廖家祠堂浄水場単体の目標値を設定したことが推測される。

¹⁹ 実施機関の親会社である長沙水業集団有限会社の予測に基づく。加えて、廖家祠堂浄水場の給水担当地区の開発が今後も確実に見込まれていることは、長沙市開発計画に、2020年までに廖家祠堂浄水場の第2期建設工事を開始し、処理能力を増加することをすでに盛り込んでいることからもうかがえる。

が達成できている²⁰。さらに、指標としては設定されていないものの、廖家祠堂浄水処理場で処理された水の水質は国が定める「生活飲用水衛生基準」も達成できていることが現地調査でも確認され、同浄水場の効果が認められる。

表 6 廖家祠堂浄水場：運用・効果指標

	目標値 ^注	実績値					
		2010年 事業完成年	2011年 完成1年後	2012年 目標年 完成2年後	2013年	2014年	
【運用指標】				目標の達成率 (%)			
基本指標	1. 給水人口 (万人、年末値)	70	2.2	10.2	25.8 (37%)	39.2 (56%)	39.2 (56%)
	2. 一日最大給水量 (万 m ³ /日)	30	0.82	3.81	15.5 (52%)	18.2 (61%)	16.95 (57%)
	3. 一日平均給水量 (万 m ³ /日)	24.6	0.79	3.6	9.1 (37%)	13.8 (56%)	13.97 (57%)
	4. 最大施設利用率 (%)	100	2.7	12.7	51.7 (52%)	60.7 (61%)	56.5 (57%)
	5. 平均施設利用率 (%)	82	2.6	12	30.3 (37%)	46 (56%)	46.56 (57%)
	6. 無収水率 (%、年平均値)	18	16.32	15.31	14.86 達成	13.69 達成	13.88 達成
補助指標	7. 有収率 (%、年平均値)	82	83.68	84.69	85.14 達成	86.31 達成	86.12 達成
	8. 漏水率 (%、年平均値)	13	16.32	15.31	14.86 (87%)	13.69 (95%)	8.28 達成
	9. 最大取水量 (m ³ /s)	3.76	0.1	0.45	1.84 (49%)	2.15 (57%)	1.99 (53%)
	10. 平均取水量 (m ³ /s)	3.08	0.1	0.42	1.08 (35%)	1.63 (53%)	1.64 (53%)
【効果指標】							
11. 水道普及率 (%)	ほぼ 100%	ほぼ 100%	ほぼ 100%	ほぼ 100% 達成	ほぼ 100% 達成	ほぼ 100% 達成	

出所：計画は JICA 提供資料、実績値は実施機関提供。

注：目標値は事業完成 2 年後の値。

- b. 下水道事業：本事業で新設された新開鋪汚水処理場、及び花橋汚水処理場の運用・効果指標は表 7 に示すとおりである。新開鋪汚水処理場は完成 2 年後の 2011 年には水質関連の指標全てにおいて目標 100%以上を達成している。下水処理量、下水処理人口、施設利用率についても 2012 年には若干落ち込んだものの、2013 年には改善し、2014 年は 100%達成した。2014 年は全ての指標が 100%もしくはそれ以上を達成しており、同処理場近隣住民の生活環境及び、処理水が直接放流されている圭塘河の水質改善については効果が明確に表れている。



写真 3 新開鋪汚水処理場の処理水放流先（圭塘河）

²⁰ 廖家祠堂浄水場の水は、長沙市自来水会社が買い取り、給水を行うというシステムになっている。なお、担当地区の給水量（本事業による給水量）は、長沙市全体の 10%を占める。

る。花橋汚水処理場についても、入口 SS 濃度を除き、2011 年には全ての水質関連指標が目標を達成しており、下水処理量、下水処理人口、施設利用率もほぼ 100%であった。2013 年以降は、全ての指標が目標を 100%、もしくはそれ以上達成しており、新開舗汚水処理場同様、花橋汚水処理場近隣住民の生活環境及び、同処理場の処理水が直接放流されている瀏陽河の水質改善への効果が認められる。なお、入口 SS 濃度が 2011 年以降悪化している理由は、都市開発によるインフラ工事が続いており、それらの排水に起因している。また、花橋汚水処理場の処理水量は負荷設計範囲を若干超えており、事後評価時において、20 万 t/日を追加する拡張工事が行われており、2015 年中に完了予定である。

表 7 汚水処理場の運用・効果指標

	2002年	目標値 ^{注1}	実績値 (達成率)					
			2009年 事業 完成年	2010年 完成1年後	2011年 (目標年) 完成2年後	2012年	2013年	2014年
新開舗汚水処理場								
【運用指標】								
1. 下水処理量 (万 m ³ /日)	0	10	5.81	6.87	8.16 (82%)	7.2 (72%)	9.33 (93%)	10.7 達成
2. 下水処理人口 (万人、年末値)	0	16.28	9.52	11.26	13.37 (82%)	11.8 (72%)	15.29 (94%)	17.41 達成
3. 施設利用率 (%、年平均値)	0	100	58.1	68.7	81.6 (82%)	72 (72%)	93.3 (93%)	100 達成
4. 入口 BOD 濃度 ^{注2} (mg/L、月平均)	100	100	85.11	88.36	81.45	86.47	84.29	88.79
5. 出口 BOD 濃度 (mg/L、月平均)	100	20	8.25	8.34	8.78 達成	9.02 達成	8.51 達成	8.92 達成
6. BOD 削減率 (%)	0	80	91	91	90 達成	90 達成	90 達成	90 達成
7. BOD 排出量 (t/年)	3,650	730	91.1	209.1	261.5 達成	237 達成	289.8 達成	344.1 達成
8. 入口 SS 濃度 ^{注2} (mg/L、月平均)	90~110	150	104.4	109.5	113.5	114.3	106.7	119.1
9. 出口 SS 濃度 (mg/L、月平均)	90~110	20	11	10	11 達成	11 達成	10 達成	11 達成
10. SS 排出量 (t/年)	3,285~ 4,015	730	121.4	250.7	327.6 達成	289.1 達成	340.5 達成	424.3 達成
【効果指標】								
11. 区内下水処理率 (%、年平均)	0	100	65	77	92 (92%)	81 (81%)	100 達成	100 達成
花橋汚水処理場								
【運用指標】								
1. 下水処理量 (万 m ³ /日)	0	16	6.59	10.07	15.87 (99%)	15.67 (98%)	16.11 達成	16.86 達成
2. 下水処理人口 (万人、年末値)	0	47.47	19.5	29.8	46.97 (99%)	46.38 (98%)	47.68 達成	49.98 達成
3. 施設利用率 (%、年平均値)	0	100	41.2	62.9	99.2 (99%)	97.9 (98%)	100 達成	100 達成
4. 入口 BOD 濃度 ^{注2} (mg/L、月平均)	100	100	95.63	93.92	82.99	78.33	88.25	86.67
5. 出口 BOD 濃度 (mg/L、月平均)	100	20	12.21	10.88	10.44 達成	9.77 達成	10.25 達成	12.00 達成
6. BOD 削減率 (%)	0	80	87	89	87 達成	88 達成	88 達成	90 達成
7. BOD 排出量 (t/年)	5,840	1,168	293.7	388.8	764.7 達成	710.5 達成	602.7 達成	739.5 達成
8. 入口 SS 濃度 ^{注2} (mg/L、月平均)	90~ 110	150	97	132	153	153	272	252
9. 出口 SS 濃度 (mg/L、月平均)	90~ 110	20	12	11	11 達成	11 達成	13 達成	14 達成
10. SS 排出量 (t/年)	5,256~ 6,424	1,168	305.2	404.3	637.2 達成	629.1 達成	764.4 達成	852.5 達成
【効果指標】								
11. 区内下水処理率 (%、年平均)	0	61.5	25	39	62 達成	61 (99%)	62 達成	62 達成

出所：計画は JICA 提供資料、実績値は実施機関提供

注 1：目標値は事業完成 2 年後の値

注 2：BOD (Biochemical Oxygen Demand) 生物化学的酸素要求量とは、水中の有機汚濁物質を分解するために微生物が必要とする酸素の量。値が大きいほど水質汚濁は著しい (出所：環境省 HP)。

注 3：SS (Suspended Solids) 浮遊物質とは水中に懸濁している直径 2 mm 以下の不溶性の粒子物質のことを指す。水の濁りの原因となるほか、太陽光線の透過を妨げ、ひどい場合は魚類のえらを塞ぎ、窒息死させる危険がある (出所：環境省 HP)。

以上、上水道事業の効果指標については、廖家祠堂浄水処理場給水担当地区の上水道普及率はほぼ 100%を達成しており、飲用水の水質も国が定める「生活飲用水衛生基準」を達成できており、本事業の効果は高い。運用指標については、廖家祠堂浄水処理場給水担当地区の開発が遅れ、人口が伸び悩んだため、目標値の達成率は 100%ではなかったものの、長沙市の全体の給水システムにおける廖家祠堂浄水場の役割を考慮した場合、実績値は必ずしも低いとは言えず、長沙市における安定した給水の確保という観点からは妥当な値であると言える。また、廖家祠堂浄水場の給水担当区域の開発が進んでいることが事後評価時にも確認できており、それと共に同地区の人口が増加し、今後、運用指標がさらに増加する可能性が高い。総じて、事後評価時における上水道事業は、適切に運用され、効果が生じていたことが確認できたといえる。また、下水道事業についても、両汚水処理場とも運用・効果指標として設定された目標を達成しており、水質については「都市汚水処理場汚染物排出基準」一級 B 基準に達している。事業実施前は全く未処理であった排水が、本事業によって適切に処理されることの効果は大きく、上水道事業とあわせ、本事業による長沙市民の生活環境改善、湘江及びその支流の水質改善への高い効果が認められる。

3.3.2 定性的効果（その他の効果）

本事業で期待されていた定性的効果は、「湘江流域の住民の衛生環境の改善」及び「湘江からの取水量削減による湘江下流域の生態系環境の保全」であったが、これらは本事業のインパクトレベルの効果であるため、これらについては「3.4 インパクト」で統合して評価を行った。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

本事業のインパクトとしては、「湘江の水質改善」および「長沙市の衛生状況の改善」が期待されていた。これらの発現状況は以下のとおりである。

- a. 湘江の水質改善：本インパクトは、① 湘江からの取水量を削減することで汚染濃度を抑えること、および、② 湘江に直接・間接的に放流されている下水の処理を進めることの2つの対策を講じることで達成されることが期待されていた。なお、「2.3 評価の制約」に記載しているとおり、湘江の水質改善に対する本事業のインパクトを計るには外部要因が多く、本事後評価では、湖南省政府が公表している湘江の水質データと、本事業で整備された下水処理場の汚染濃度の削減に基づき評価を行った。湖南省が公表している「環境状況公報」や環境情報関連のプレスリリースに基づくと、2005年、2011年、2012年で湘江の水質は表8のとおり改善しており、2011年にはすでに全モニタリングポイントで地表水環境品質基準Ⅳ類以上、2012年には88%がⅢ類以上であった。

なお、本事業が表8で示している水質改善にどの程度貢献したのかを正確に特

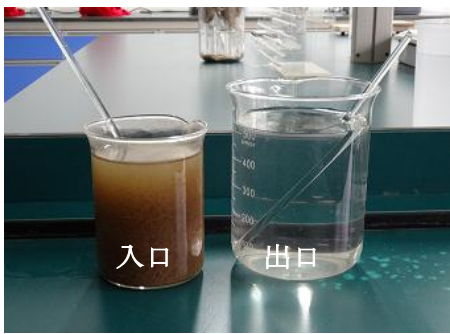


写真4 花橋汚水処理場：処理前後の水

定することは不可能である。ただし、「3.3 有効性」でも記載のとおり、本事業の汚水処理場から圭塘河、瀏陽河に放流されている排水の水質は、BOD 濃度、SS 濃度等、主な汚染物質について国家基準を大幅に下回っており、両処理場を通じて約 28 万 m³/日の汚水が、適切な水質に改善された上で放流されており、従来未

処理で放流されていたこれらの汚染物質の流入が減少したことになる。圭塘河、瀏陽河とも湘江の支流であることから、本事業の汚水処理場の整備は、湘江の水質悪化の進行抑制について一定程度の効果を挙げているものと認められる²¹。

表8 湘江の水質の変化

国家水質基準	モニタリングポイントの割合		
	2005 年	2011 年	2012 年
I 類から III 類	84.8 %	87.5 %	88.0 %
IV 類	3.2 %	12.5 %	12.0 %
V 類	3.2 %	—	—
V 類以下	9.6 %	—	—
モニタリングポイント数	31 カ所	40 カ所	42 カ所

出所：2005 年、2011 年については湖南省政府「環境状況公報」、2012 年については「湖南省 2013 年世界環境デー・プレスリリース」

注：水質調査項目については「大腸菌、アンモニア、化学的酸素要求量、総リン、ヒ素、カドミウムなどの汚染因子」と記載されているのみで、具体的な値は公表されていない。

- b. 長沙市の衛生状況の改善：本インパクトについては、受益者調査の結果を基に評価を行った（受益者調査結果の詳細については、添付資料を参照）。回答者の大半が「事業全体の目標は達成された」と考えている。上水道事業・下水道事業の個別の満足度も、回答者の 80%が満足していると回答しており、水道水の水質が改善し安心して使用できるようになった点や、下水処理が進んだことで河川の水質及び衛生環境が改善したと実感していることが明らかになった。

なお、前述のとおり、中国国務院は 2015 年 4 月に発表した「水質汚染防止行動計画」において、2020 年までに達成すべき水質汚染整備目標を示しており、法律を整備するとともに、違法企業に対し、生産停止や閉鎖等の厳しい取締を行うことを掲げており、これらの対策が徹底されることが期待される（詳細については「3.1.1 開発政策との整合性」を参照）。

²¹ 受益者調査からは、「河川の水質は改善している」といった回答が多かったが、「依然、河川の水質汚染は深刻である」といった意見も少なくはなく、特に企業による廃水の放流や、廃棄物の破棄に関する取り締まりを徹底する必要があるといった意見が多かった。

3.4.2 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、環境影響評価（EIA）報告書が2003年9月に国家環境保護総局による承認を得ており、事後評価時においても、本事業地及びその周辺には保護地区や貴重種の生息域は含まれていないことが確認できた。事業実施中の環境汚染対策についても、浄水場、及び汚水処理場2カ所の施工期間についても適切な対策が取られた²²。事後評価時については、汚水処理場で発生する濁水は処理場内で処理・再利用しており、騒音については、騒音低減設備を導入していることから、周辺住民への騒音による影響は抑えられている。特に騒音が問題になる施設は汚泥処理場であったが、防音対策が取られており、現地踏査でも特に問題は見受けられなかった。また、両汚水処理場で発生する汚泥については、既設の廃棄物最終処分場で適切に焼却され、埋め立て処分されていることが確認できた（湖南省では汚泥の再利用は法律で禁止されている）。

審査時に懸念されていた本事業による瀏陽市株樹橋ダムへの自然環境・生態系への影響についても、負の影響は認められなかった。貯水位も、本事業による取水が開始された2010年から年平均164mと、事業開始前の2005年～2009年の161m以上を保っている。ダムの水質については瀏陽市株樹橋ダム管理局が8項目のモニタリングを24時間リアルタイムで行っており、水質は2005年から事後評価時まで国家水質基準Ⅱ類を維持しており、本事業による負の影響はない。

(2) 住民移転・用地取得

本事業で計画されていた住民移転は81人（20世帯）であり、実績はほぼ計画どおりの80人（21世帯）であった。用地取得面積については計画では32.44km²であったのに対し、実績は34.07km²であった。実施機関は、「長沙市征地補償和移民安置条例弁法」に基づき、最終移転先の住宅（安置住宅）を建設し、完成するまでは仮設住宅を提供し、移転費用を支払った。対象住民は事業実施前に移転済であり、特段問題は発生していない²³。

以上、上水道事業に関しては水道普及率ほぼ100%を達成し、飲用水の国家基準も満たし、さらに長沙市給水システムに属する浄水場として期待される役割を果たすことにより長沙市の安定した給水に貢献している。下水道事業についても運用・効果指

²² 具体的には次のとおりであった。排ガス：ガス排出量に関する国家基準に適合した機械を導入した。廃棄物処理：専用車両で廃棄物処理センターに搬送・処理を行った。粉じん：工事現場の散水により、粉じん抑制を行った。濁水：工事現場で発生した濁水は市政府の下水管網に排出した。騒音：騒音低減設備を導入し、影響を最低レベルに抑えた。振動：発破を極力避け、振動を抑える工法を採用した。

²³ 補償内容の詳細は、用地面積に応じた補償（土地補償費）、用地から得ていた農産物収入に応じた補償（安置補助費）、用地上の建築物等に対する補償（地上附着物補償費）、用地で耕作中の未収穫農産物に対する補償（青苗補償費）である。なお、現地踏査の際に、安置住宅に移転した住民3名への聞き取りを行ったところ、市政府は本事業の説明会を実施する等の調整を適切に行い、補償内容も妥当であり、さらに、移転前よりも良い住環境・衛生環境を得ているため満足度は高かった。

標の目標をほぼ全て達成しており、処理水の水質も国家基準を満たしている。上下水道事業ともに受益者の満足度が高く、評価に制約はあったものの湘江の水質改善と長沙市の衛生状況の改善に貢献していることが認められる。以上、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業の事業主体である長沙引水及び水質環境有限公司は、長沙市供水有限公司、長沙市排水有限責任会社と共に、長沙水業集团有限公司の子会社である。長沙引水及び水質環境有限公司は、本事業を遂行するための組織として市政府からの 100%出資により、2003 年 11 月に設立された。本事業で整備された瀏陽市株樹橋ダムからの取水、浄水場、一部送配水管の運営・維持管理、及び汚水処理場・排水管網の運営維持管理を担当している。組織図及び運営維持管理要員は図 2 のとおりであり、全施設で、4 組 3 交代のシフト勤務体制で運営を行っている。

長沙引水及び水質環境有限公司			
輸水管線管理所 (瀏陽市株樹橋ダムからの取水・導水) 技術者：29 人 事務職：7 人	廖家祠堂浄水場 技術者：50 人 事務職：9 人	新開鋪汚水処理場 技術者：48 人 事務職：9 人	花橋汚水処理場 技術者：49 人 事務職：9 人
排水管網：技術者：49 人／事務職：9 人 ポンプ場：技術者：22 人			

出所：実施機関提供情報に基づき作成

図 2 事業主体の組織図と運営・維持管理体制

瀏陽市株樹橋ダムの管理については、対象地にある水力発電所を運営する電力会社の瀏陽市株樹橋ダム管理局が運営・維持管理を担っている。管理局では安全及び自然環境保護を確保するため厳格な管理を行っており、瀏陽市株樹橋ダムの取水口の開閉に使用するクレーンの維持管理も、電力会社に委託するという体制を取っており、輸水管線管理所が常時監視カメラでもモニタリングをしている。下水管網の維持管理については、市政府と連携して実施しており、6～7 人の点検チームを組み、日常点検を行っている。組織体制、組織系統は、持続的な運営・維持管理を実施する上で十分であり、瀏陽市株樹橋ダム管理局との連携も水源の水質確保の観点から適切である。さらに、効率的な運営・維持管理を行うために、各施設の清掃・警備を外部委託する等の努力も行っており、総じて適切な体制が保たれている。

3.5.2 運営・維持管理の技術

- a. 職員の運営・維持管理技術水準：上下水道とも、人材採用基準が高く、専門性

や、上下水道分野での一定の経験を有する人材を優先的に採用している。汚水処理技術、浄水作業員、ポンプ操作員、化学検査モニター員等については、省の技術試験に合格している必要があり、これら技能保持者の積極的な雇用、もしくは、社内での資格取得を推進している。10kW 操作、橋型クレーン操作、圧力容器の取扱いについては、省の特定業種就業資格証を取得することが必須であり、電気工の場合は、国家資格を取得する必要がある。前述「運営・維持管理体制」で記載している技術者は、いずれかの資格を取得済みである。また、経験豊富なシニア専門家を現場監督として雇用し、若手の育成にも力を入れている。同じ企業グループ内で人材の異動はあるものの、長沙引水及び水質環境有限公司のような市政府 100%出資会社は、安定的な福利厚生が充実している職場として人気が高く、離職率も低いため、知識や経験は蓄積されている²⁴。各施設の運営・維持管理状況に特段大きな問題がないことからもうかがえた。

- b. 運営・維持管理マニュアルの整備・活用状況維持管理の記録・管理状況：全施設に運営・維持管理マニュアルが整備されており、維持管理も日常点検、予防メンテナンスが徹底されている。主な運営・維持管理工程は、ポスターサイズのパネルが各施設の壁に、常に確認できるよう配置・活用されている。次シフトのメンバーへの引き継ぎ内容は、維持管理記録に常に記入されており、施設によっては、記録帳に加えてホワイトボードも活用する等の対処も行われていた。
- c. 運営・維持管理担当職員の研修制度の整備や、技術向上のための投資・研修実施状況：新規採用者の場合は、採用後 3 カ月間、長沙市汚水処理研修センターでの研修を受け、半年間の OJT 研修を行い、運営もしくは維持管理担当部署に配属される。汚水処理技術、水質分析、ポンプ場運営等については、一定期間の経験をえた上で、湖南省労働部門による資格試験を受け、資格を取得する必要がある。また、全職員を対象にした研修プランがあり、どのような知識やスキルが不足しているのか、もしくは強化する必要があるのか等のニーズを把握したうえで、研修プランが作成・実施されている。研修は、事業主体内で行うものもあるが、主に湖南省教育研修学校、長沙研修学校等で実施される²⁵。

²⁴ 多くの国において、下水道の運営を担当している事業主体における人材の確保が困難であり、離職率も高いため、知識や経験が蓄積されることが課題である。しかし、本事業の事業主体の職員への聞き取りからは、職場に対する満足度が高いことが判明した。従って、外部研修や OJT で培った専門知識やスキルは確実に事業主体に蓄積されているといえる。

²⁵ 湖南省及び長沙市は、福岡市、鹿児島県、滋賀県、神戸市等、日本の地方自治体との交流を盛んに行っており、多数の研修・交流事業が日本で毎年実施されている。例えば、滋賀県とは 2013 年 3 月から 3 年間の研修事業を行っており、事業主体から、毎年 5 名が 15 日間の「汚水処理場管理研修」に派遣されている。これらの人材は、全て帰国後も事業主体に残っており、研修で得た知識や経験が、現場で活かされていた。例えば、5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の導入といった日常の維持管理で活かされる内容のものや、汚水処理場における省エネ技術の導入といった、より高度な内容のものも活かされていた。特に後者については、副所長が上記滋賀県での研修で得た省エネ対策技術が、現在建設中の花橋汚水処理場第 II 期で導入される予定である。このような継続した研修内容が、中長期的に確実に事業主体内で活かされている。

以上、事業主体の運営・維持管理能力について特段の問題はなくマニュアルの整備・活用、運営・維持管理の記録も徹底され、ニーズに合致した研修計画も策定・実施されており、運営・維持管理技術に特段大きな問題はない。

3.5.3 運営・維持管理の財務

財務諸表の公開はしていないが、現在行われている花橋污水处理場の拡張工事費や、原価償却費等を含むと赤字経営ではあるが、2010年を除き、上下水道使用料金収入によって、本事業で整備された施設の運営・維持管理費はカバーできている。

表9 上下水道料金収入と運営・維持管理費 (単位：千元)

(年)	2009	2010	2011	2012	2013	2014
上下水道料金収入合計 (A)	13,740	14,474	35,344	104,518	146,463	337,131*
運営・維持管理費合計 (B)	12,235	15,845	28,421	77,813	55,004	68,523
うち人件費**	2,701	3,143	6,701	10,370	10,548	14,979
その他費用***	9,534	12,702	21,719	67,443	44,456	53,545
粗利益(A) - (B)	1,504	-1,371	6,923	26,704	91,458	268,607

出所：実施機関提供資料

*：2014年に上下水道料金改定があったため収入が前年比230%となった。

**：人件費は污水处理場、浄水場の運営・維持管理人員の人件費。

***：その他費用は人件費以外の運営費用維持管理費用。

＋：2010年が赤字となった理由は、水道管の2度の破損により給水を止め点検修理を行う必要が生じ、水道資使用料金収入が約3カ月分減少したことによる。

運営・維持管理費は、上下水道使用料金収入から充当される。料金設定は長沙市物価局が行っており、必要に応じて事業主体が長沙市物価局に料金改定を申請することができる。事業主体は、花橋污水处理場の拡張工事の期間が計画より長くかかり、人件費・資材・設備の価格が上昇している点、及び政府資金の不足、融資金利の増加、計画・設計の変更や調整等の理由から、家庭用下水道使用料金の改定を申請しており、2014年に表10のとおり承認された。

表10 上下水道使用料金の推移

	2005年	2011年	2014年
上水道使用料金	一律 1.02 元/m ²	家庭用：1.21 元/m ² 工業用：1.38 元/m ²	家庭用：1.61 元/m ² 工業用：2.47 元/m ²
下水道使用料金	一律 0.4 元/m ²	家庭用：0.65 元/m ² 工業用：0.70 元/m ²	家庭用：0.75 元/m ² 工業用：1.05 元/m ²

出所：実施機関提供資料

以上のとおり、上下水道使用料金収入及び、本事業で整備された施設の運営・維持管理費からは、2011年以降、少なくとも上下水道使用料金収入によって運営・維持管理費はカバーできていること、料金体系が2014年に改定されたことで、維持管理費用

や投資費用の回収が可能な料金水準に調整されたこと、そして上下水道は市民のライフラインであることから、万一資金不足を来した場合には、長沙市人民政府の財政資金が追加的に支出されることとなっていることから、財務の持続性について特段問題はない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

事後評価時に確認された運営・維持管理状況は以下のとおりであった。

上水道事業については、導水設備や浄水場そのものの運営・維持管理状況、スペアパーツの入手等についても大きな問題は生じていないが、紅旗路道路に沿って整備途中の配水管については、2015年6月半ばまでには完了する予定であるため、市政府との連携を強化しながら同整備が計画どおりに進むことに努めることが望まれる。

下水道事業について、事後評価時点における課題は、花橋污水处理場の処理水量が設計範囲を若干超え、負荷がかかっている点である。早急に拡張工事を行っているものの、既存設備の維持管理を強化することが望まれる。これまで、同污水处理場に大きな問題は生じていないが、合流式下水道であるが故、ゴミが多いことから、入口の負荷が非常に高く、スクリーンの摩耗が想定以上に早いため、今後のメンテナンスを強化・徹底することが必要である。新開鋪污水处理場については、大きな問題は生じていないが、懸念材料としては、ブロワーが故障した場合、サプライヤーを韓国から呼ぶ必要があり、高額な費用が発生するため、マニュアルに沿った日常メンテナンスを徹底することが望ましい。ただし、事業主体はこれらの維持管理状況の課題について自ら把握しており、適切な運営・維持管理を行い、慎重を期することが必要であることについて十分理解していることから、大きな問題に発展するとは考えにくい。

なお、上下水道のいずれの施設においても、安全確保のためのヘルメット着用等の指示がなく、一部の作業員は仕事でも着用していなかったことから、今後は安全対策を導入し、徹底することが望まれる。

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

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は湖南省長沙市において、上下水道の整備を行うことにより、湘江の水質汚染問題を解消し、市民の生活環境の改善を図るものである。

本事業は審査時・事後評価時の中国政府、湖南省、長沙市政府の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており、妥当性は高い。上水道事業の運用・効果指標については、目標の達成度合いは計画時と比べると中程度ではあるが、事後評価時に確認できた長沙市全体の給水システムに果たしている役割を考慮した場合、十分効果が

認められる。下水道整備事業については、全ての指標が審査時の目標を達成しており、湘江等市内を流れる河川の水質汚染の改善、及び住民の生活環境の改善に対する効果も認められ、本事業の有効性・インパクトは高い。事業費、事業期間ともに計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。運営・維持管理の体制、技術、財務状況については問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 事業主体への提言

- a. 紅旗路道路に沿って整備が予定されている配水管網の整備については、2015年6月中には完了予定とのことであったが、市政府との連携を強化し、計画期間内に完成するよう引き続き努力を行うことが必要である。
- b. 「3.5.4 運営・維持管理の状況」で記載している運営・維持管理に関する次の課題については、引き続き適切な対応を行うことが望まれる。花橋污水处理場については既存設備に負荷がかかっているため、設備全体の維持管理を強化すること。特にスクリーンの摩耗が想定以上に早いため、メンテナンスの頻度を増やすこと。新開鋪污水处理場については、メンテナンスコストが高いブローアについて、今後も日常メンテナンスを徹底することが望ましい。
- c. 受益者調査や住民へのヒアリングの結果、長沙市を流れる河川の水質汚染改善のためには、企業による河川への未処理の汚水の放流や、廃棄物の取り締まり強化が必要であるとの意見が多かった。この点については、前述の「水質汚染防止行動計画（水十条）」に基づき、事業主体としては、今後も適切な上下水道の水質モニタリングを続け、「地方政府の責任強化」に含まれる水質環境保護に向けて市政府に対する協力を強化し、今後も市民の生活環境改善に向けた活動を続けることが期待される。

4.2.2 JICA への提言

特になし。

4.3 教訓

地質調査の範囲と精度の確保

本事業の F/S 時における地質調査精度は国家基準を遵守していたものの、事業開始後、F/S 時の調査では判明していなかった地層や地盤による問題が発生し、事業期間の長期化と、事業費の増加につながった。F/S における地質調査の精度基準は、それぞれの国や実施機関ごとに異なるが、本事業のように広範囲で事業が実施される場合、異なる地層や地盤が存在することがある程度想定できる。このような事業では、F/S における各国・各実施機関の地質調査精度基準を確認した上で、詳細設計時に地質調

査の精度を高める可能性があることを考慮し、予め事業計画の事業費や事業期間に反映させ、現実的な事業計画を作成することが望まれる。

インパクトの設定範囲

本事業のインパクトの一つに、湘江の水質改善が挙げられていた。しかし、湘江ほどの規模の大きい河川の水質改善には、要因が多く存在するため、本事業によるインパクトの度合いを測ることは困難であった。事業のインパクトを設定するには、事業の規模や他の外部要因の有無と、それぞれの影響度合いを検討したうえで設定する必要がある。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット		
【上水道事業】		
I. 取水・導水事業		
a. 瀏陽市株樹橋ダムからの取水施設	95 万 m ³ /日	65 万 m ³ /日
b. 導水管敷設	76km	98 km
II. 廖家祠堂浄水場建設	30 万 m ³ /日	計画どおり
III. 配水管網整備		
a. 配水管網整備(新設)	412km	23.23km
b. 配水管網整備(改修)	141km	0km
【下水道事業】		
IV. 新開鋪污水处理場建設	10 万 m ³ /日	10.7 万 m ³ /日
V. 花橋污水处理場建設	16 万 m ³ /日	16.86 万 m ³ /日
VI. 下水管網整備		
a. 下水管網整備	116.60km	119.51 km
b. ポンプ場建設	9カ所	6カ所
【研修事業】		
VII. 研修	57 人	54人
② 期間	2005年3月～2008年12月 (46カ月)	2005年3月～2012年8月 (90カ月)
③ 事業費		
外貨	19,964百万円	19,803百万円
内貨	26,999百万円 (2,030百万円)	51,744百万円 (3,819百万円)
合計	46,963百万円	71,547百万円
うち円借款分	19,964百万円	19,803百万円
換算レート	1円 = 13.3円 (2004年9月時点)	1円 = 0.0732元 (2005年～2012年平均)

添付資料： 受益者調査結果

実施期間	2014年11月24日～26日
対象地域・サンプル数	廖家祠堂浄水場、新開鋪汚水処理場、及び花橋汚水処理場周辺住民50人を対象とした。
サンプリング方法	事業主体を通じ、住民への協力を呼びかけ、集まった住民に対し調査票の記入を依頼した。
サンプルの特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 50人：男性20人、女性30人 ● 年齢分布：20～29歳（56%）、30～39歳（20%）、40～49歳（18%）、50～59歳（6%） ● 職業：農業（55%）、商業（38%）、漁業（2%）、その他（5%） ● 住居：集合住宅（72%）、戸建（20%）、その他（8%） ● 長沙市での居住年数：10年以上（46%）、5年～10年未満（32%）、5年未満（22%） ● 上水道：普及率は98%、用途は94%が家庭用（大半が浄水器を使用） ● 住居に水洗トイレがある住民：47人／共同の汲み取り式トイレ：3人 ● 月平均上下水道料金：78.75元
調査結果	
<p>1. 事業目標達成度について</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「本事業の目標は達成された」と回答した住民は32人（64%）だった。主な理由としては、①「家庭で使う水も、河川の水も、全面的に質（異臭や異味）が改善した」、②「市街地の排水管網の基本的な部分が完成したことで、下水が回収・処理されるようになり、以前より環境が改善した」であった。 ● 「本事業の目標は達成されていない」と回答した住民は16人（32%）であった（未回答2人）。主な理由としては、①「水質は以前より改善しているが、汚染問題が依然深刻であることには変わりはない」、②「水道水は、塩素が強すぎることもあれば、生臭さなどの異臭や異味が残っていることがあり、まだまだ改善すべき」であった。 	
<p>2. 上水道事業：以下の項目について、事業実施前後での満足度を確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水質：事業が完了してからの水道水について「安心できる」と回答した住民は40人（80%）、残り10人は「不安である」と回答した。後者の主な理由としては、「水源の汚染」及び「浄水過程で薬品（塩素等）を多く使用している」であった。 ● 水質と健康：「事業実施前後で健康状態に変化はない」と回答したのは20人（40%）、「汚染された水に由来する病気がどのようなものかわからない」と回答した住民は12人（22%）、「汚染された水に由来する病気が減った」13人（26%）、「健康が悪化した」4人（8%）であった。「汚染された水に由来する病気が減った」と回答した住民は、理由として「赤痢にかかることがなくなった」、「腹痛がなくなった」などであった。「健康が悪化した」と回答した住民は「水質の変化により結石を患う住民が増えている」であった。 ● 上水道サービス：41人（82%）が「満足している」と回答し、残り9人は「不満である」と回答した。「不満である」ことの理由としては7人が「水道の水がおいしくない」、「安全性に不安がある」及び「水道料金が高い」がそれぞれ1人だった。 ● 今後改善してほしい点：水圧の改善、配水管の修繕、水質基準の厳格化、であった。 	
<p>3. 下水道事業：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 下水道設備・サービスについて、事業実施前後で認められる変化について満足度を確認したところ、40人（80%）が「満足している」と回答し、残り10人（20%）が「不満である」と回答した。「不満である」と回答した10人全てが「河川の水がきれいになっていない」ことを主な理由として挙げている。その他理由としては「下水道の普及が進んでいない」、「料金等の情報提供が不十分」、「大雨や浸水対策が不十分」も挙げられた。 ● 市内の河川の水質及び周辺環境：事業前後の河川の水の濁度、ゴミ等の浮遊物の有無、臭い、動植物の生息環境に関する変化について確認したところ、80%が「改善した」、20%が「変化なし」と回答した。「改善した」と思う主な理由は、「下水処理が大幅に進んだ」、「住民の意識が改善した」、「政府が水質環境保護に力を入れるようになった」であった。「変化なし」と回答した住民は、理由として「依然として河川に廃水・廃棄物が放流されている」、「政府が環境保護について周知を徹底していない」ことを挙げた。 ● 排水に関する意識：下水道が整備されたことによる住民の排水意識の変化を確認したところ、「台所の排水口に油やごみを流さない」については94%が「意識がやや向上・非常に向上」と回答しており、「石鹸や洗剤を必要以上に使わない」については72%が「意識がやや向上・非常に向上」と回答した。なお、住民の意識向上の背景には、新聞やメディアの水質問題に関する報道、及び水道会社や下水処理事業会社等の宣伝の力が大きいことが挙げられた。 	

<ul style="list-style-type: none"> 今後改善してほしい点：汚水を処理せずに河川に放流している企業の取り締まりの強化、及び水質基準の厳格化であった。
<p>4. 事業の実施過程について</p> <ul style="list-style-type: none"> 用地取得・住民移転：事業に係る用地取得・住民移転について認知していたのは40人（80%）であった。このうち30人が「用地取得プロセスは比較的順調に進んだ」と回答した。主な理由としては、①「補償金額が妥当で、満足できる内容であった」、②「住民の生活環境改善のための事業であるということが説明会等でしっかり伝わったことで、事業が住民の協力・支持を得た」であった。他方、「用地取得プロセスは順調に進んだとはいえない」と回答した10人は、主な理由として「時間がかかりすぎた」、「中国における立ち退き等のプロセスは複雑であるため」であった。 事業建設中の環境インパクト：排ガス・廃棄物処理・粉じん・濁水・騒音・振動についてどの程度気になったかを確認したところ、「気になった」と回答したのは28%～44%、「気にならなかった」と回答したのは44%～56%、と「気にならなかった」という回答が若干多かった（残り12%～16%は未回答）。「気になった」と回答した住民は、排ガスと粉じんが最も気になったと回答しており、13人は実際市政府に改善するよう要請し、うち7人が対応してもらえたと回答した。