

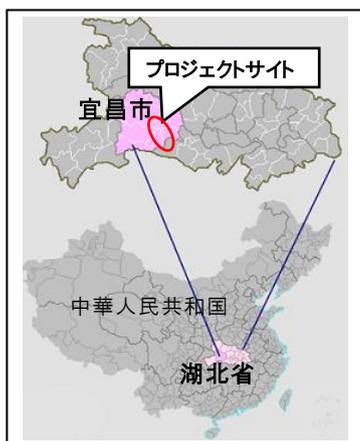
0. 要旨

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	<p>【金利】 下水道整備：0.75%、上水道整備：2.2%</p> <p>【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</p>
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: F/S) 等	中国市政工程中南設計院 (Central and Southern China Municipal 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 年計画」であり、同計画に基づき、「第 10 次 5 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 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、

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」

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 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 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 年計画」を、宜昌市政府は「宜昌市環境保護第 10 次 5 年計画」を策定し、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 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、都市汚水処理率を 85%までに高め、給排水、汚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 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 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 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

<p>上下水道 インフラ 強化</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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。
<p>人間と水資源 の調和がとれた 水生態環境 の構築</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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、伍家崗区、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・居住区である点軍区）、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 次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. 花艶下水処理場	—	2.5 万	10.2 万
7. 獬亭下水処理場	—	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」

*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、

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。

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水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。本事業は其中でも、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

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。

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

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	—	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	—	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	—	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	—	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つ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）。

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	<p><u>給水の質</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 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。

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%）。

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。

	<p>河川の水質・周辺の自然環境</p> <ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 「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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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城市に選ばれるほど、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。

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

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。

が想定されていた。これらのモニタリングは、事後評価時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、現在では臨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。

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。

【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。

本事後評価時に際し、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「用地使用权譲渡契約」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

¹¹ 土地面積の単位。1 ムーは 15 分の 1 ヘクタール。

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。

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）	<ul style="list-style-type: none"> 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

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）。

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。

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。

¹⁴ 完成の定義は全コンポーネントの瑕疵検査完了。

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%	下水道整備：マイナス 上水道整備：7.5%
<ul style="list-style-type: none"> ● 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 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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%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「宜昌三峡水務有限公司」（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：宜昌三峡水務有限公司。

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。修理管理处は毎年状況に応じ、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、修理管理处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）：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

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汚水排出の役割に支障を来しているとのことであった。

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规定、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はいるが、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追いついてはいない。ただし、漏水率は省の基準は達成している。

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。

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（約 0.013 元／m³）を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状況」であった。

表 16 宜昌市自来水公司の財務状況

(単位：万元)

項目	2008 年 (運転開始年)	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
【収入】					
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

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。

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、老朽化した排水管から汚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ます。ただし、大公橋中継ポンプステーションについては、汚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。これは雨水と汚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

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。

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。

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取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・汚泥処理施設含む） 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	8,460百万円	8,459百万円
内貨	3,270百万円 (218百万円)	2,333百万円 (165百万円)
合計	11,727百万円	10,785百万円
うち円借款分	8,460百万円	8,452百万円
換算レート	1元＝15円 (2002年9月現在)	1元＝14.13円 (2004年～2008年、 年末レート平均)

以上