

0. 要旨

市内に水路が張り巡らされる蘇州市では、水質の改善は住民の生活環境上、緊急性の高い課題であった。事業実施以降、汚水処理場は順調に稼働しており、その結果市内水路の水質は5割以上の改善を見せるなど、顕著な効果が発現している。市民からも、水質の改善を認める意見が多く聞かれ、市内の観光業も順調に成長するなど、本事業の目的は概ね達成されたと評価できる。蘇州市政府は水資源分野への取り組みに高い優先度を付けており、事業の技術・財務的な持続性にも問題は見られない。ただし汚泥処理については、現行の埋め立て方式から焼却など高度技術への転換が将来的に必要と思われる。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



福星処理場

1.1 事業の背景

中国南部の江蘇省は、上海市などの大都市を擁し、1997年時点の経済規模は全国2位に位置していた。その中で、省南部に位置する蘇州市は、工業都市としての重要性に加え、多数の世界遺産を持つ観光都市としても発展しており、主要都市として位置づけられていた。また蘇州市は豊かな水資源でも知られており、周辺を大小の湖や京杭大運河などに囲まれ、市内には水路が張り巡らされるなど、市面積に占める水域面積の割合は43%に上っていた。

蘇州市は1980年代以降の急速な経済成長と人口増加によって、生活・工業排水の排出量が増加していたが、処理率、処理効率共に低く、多くは排水水質の国家基準を達成しないまま市街水路に放出され、水質汚濁が深刻化していた。加えて、1992年の京杭大運河迂回工事などの影響で、市街水路に流入する水量が減少したことで、水路の自浄能力が低下、その結果水質汚濁は深刻化し、市内水路の水質は国家環境基準の最低ランクであるV類に達していなかった。



図 1 事業実施前の水路の状態



図 2 富栄養化¹が進んだ水路

1.2 事業概要

江蘇省蘇州市において、下水処理能力増強のため下水処理場施設、下水管等を建設することにより、市内河川の水質改善をはかり、もって市民の生活環境の改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	6,261 百万円 / 6,261 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2000 年 3 月 / 2000 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 二国間タイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／蘇州市人民政府、蘇州清源 建設有限公司
貸付完了	2007 年 7 月
本体契約	Sainty International Group Jiangsu Machinery I/E Corp Ltd.(中華人民共和国)
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	Feasibility Study on Water Environment Comprehensive Improvement Project in the Urban Area of Suzhou(Suzhou CIECC Engineering Consulting Co.,Ltd./Suzhou Qingyuan Construction & Development General Company, 1998 年)
関連事業	China- Tai Baisin Urban Environment Project (世界 銀行,2004 年)

¹ 湖沼等閉鎖水域が、長年にわたり流域から窒素化合物及びリン酸塩等の栄養塩類を供給されて、生産の高い富栄養湖に移り変わっていく現象をいう。富栄養化になると藻類等が異常増殖繁茂し、水中の酸素消費量が高くなり貧酸素化し、また藻類が生産する有害物質により水生生物が死滅する。また、水質が悪化し、透明度が低く水は悪臭を放ち、緑色、褐色、赤褐色等に変色する

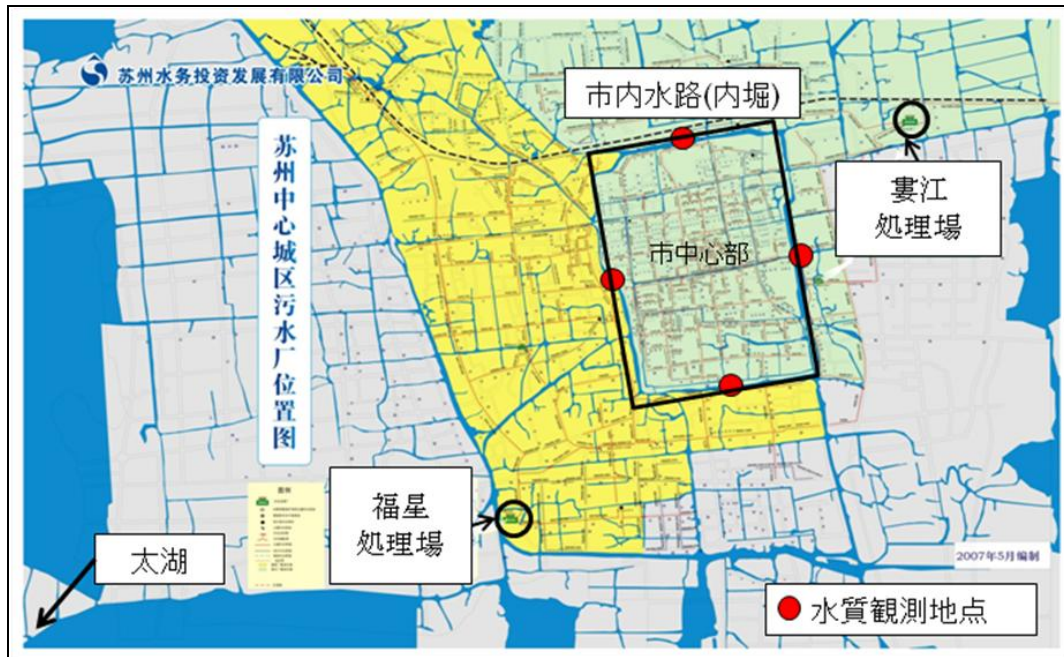


図 3 蘇州市区とプロジェクトサイト

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

百田 顕児 (アイ・シー・ネット株式会社)

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2010年11月～2011年11月

現地調査：2011年2月26日～3月9日、2011年6月4日～6月11日

2.3 評価の制約

特になし。

3. 評価結果（レーティング：A²）

3.1 妥当性（レーティング：③³）

3.1.1 開発政策との整合性

(1) 審査時の開発政策

中国では 1980 年代以降、急速な工業化・都市化による生活・工業用水需要の急増と、それに伴う水質悪化が深刻化していた。中国政府の基本政策は、水質環境の改善を継続的な優先課題として位置づけており、これまで水質を含む環境基準の厳格化が数度にわたって実施されている。特に湖沼では、「三湖」（太湖、巢湖、真湖）での悪化が深刻化しており、第 9 次 5 年計画(1996 年～2000 年)では、安全な水源確保のため、都市下水道の整備は工業排水処理の強化と並び、水源となる河川・湖沼への汚水排出の抑制のための最重要項目となっていた。

表 1 蘇州市の水質改善目標

目標	2000 年	2010 年
京杭大運河および内外水路	IV~V 類	IV 類
飲料水源一級保護区	II 類	II 類
太湖、陽澄湖、その他河川、湖沼	地区別	不明

この目的達成のため、江蘇省では 1996 年に「江蘇省太湖水污染防治条例」を制定し、下水処理施設の整備計画、水路保護条例等の策定・実施を進めている。

(2) 事後評価時の開発政策

第 11 次 5 年計画(2006 年～2010 年)では、環境保護に関する取り組みを一層強化する方針が示され、10 大重点環境保護事業の実施を打ち出している。水質改善事業はその中でも優先度が高く、都市の汚水処理事業もそのうちのひとつとして、全国の汚水処理率の 70% 達成などの目標が掲げられ、重要項目と位置付けられている。

蘇州市政府では、市内の水資源環境は市の社会経済生活と密接な関係を有しているため、その改善が市にとって非常に重要と認識している。よって、継続的な投資計画を進めている。蘇州市の都市計画マスタープランと位置付けられる都市全体計画(1996～2010 年)では、水環境の整備・保護を重点目標として掲げてきた。水資源環境改善の具体的な計画は、「蘇州市都市水環境整備計画(2007-20)」の長期計画に基づいて進められており、既存設備の改造、汚水管網の拡充、河道整備などに累計 8.36 億元(約 108 億円)の投資を計画、BOT 方式⁴など民間投資を含めた資金調達も検討している。

上記政策に基づき、本事業実施機関の蘇州市清源建設公司是、本事業完成後も、処理

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 (Build Operate Transfer 方式)民間事業者が自らの資金で主に公共施設を建設、維持管理・運営し、事業終了後に所有権を公共へ移転する形式。

場の拡張・増強工事(第二期工事)や、河川対策・導水事業などを継続的に実施している。その背景について、実施機関の総経理⁵へのインタビューでは、本事業の実施が、その後の追加的な工事への投資を促進する端緒として大きな役割を果たしたと評価しており、本事業から始まる一連の汚水処理事業の必要性は、当時から現在に至るまで高い⁶。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

蘇州市は、江蘇省の中でも重要な工業都市であると同時に、2500年の歴史を持つ観光都市⁷としても知られており、市内に流れる河川や水路そのものも、景観の一部を形成する重要な観光資源となっていた。本事業の計画時、蘇州市では急速な経済成長、人口増加により、生活排水と工業排水の排出量が増加する一方、処理能力は追いついていなかった。汚染物質の処理効率も低く、処理済み汚水も、多くは排出基準未達成のまま放出されていた。加えて90年代に生じた運河の迂回措置のため、旧市街水路の水量は半減し、特に水質が比較的良好だった太湖水が減少したため、水質悪化がさらに進んでいた。この結果市内水路の水質は、国家環境基準の最低ランク、V類に達しておらず、生活環境の改善と、景観保護の両面から、水質の早急な改善が求められていた。

本事業実施以降の蘇州市の都市・経済発展に伴い、汚水処理の需要も高まっていることから、本事業対象地域における水質改善の必要性は依然として高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査当時の日本の中国向け「国別援助方針」では、環境対策を重点分野の一つとして掲げ、下水道等の水質汚濁防止対策について、中国側のニーズを踏まえつつ援助を進める方針を打ち出していた。また当時の中国向け円借款の実施方針⁸では、重点3分野として環境、農業、地域間格差是正のための内陸部重視を掲げていた。本事業は、水資源環境が住民の生活環境と密接に関係する蘇州市を対象とした環境対策事業であり、国別援助方針、また中国向け円借款の実施方針とも合致し、その具体化においても重要な取り組みと評価できる。

以上より、本事業の実施は中国、蘇州市の開発政策、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。

⁵ 中国企業の役職の1つで、日本の代表取締役役に相当。

⁶ 本事業以降実施された事業としては、1.婁江、福星下水処理場二期拡張工事、2.中心地区下水処理場の水準向上改造工事、3.雨水・汚水分流及び支管-使用者間の通水工事、4.西塘河導水工事、5.中心地区河川総合対策工事、6.中心地区洪水防止工事などがある。

⁷ 1997年には市内4か所の庭園が世界遺産に登録されていた。

⁸ 外務省のODA大綱、中期政策等を踏まえて3年ごとに作成されていた、国際協力機構(JICA)の海外経済協力業務実施方針を指す。

3.2 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

本事業における計画と実績は下表の通りで、概ね計画通りに実施された。

アウトプット	計画	実績
1) 下水処理場		
1. 婁江処理場 日処理量	6 万 m ³ /日	計画どおり (現在は 14 万 m ³ /日に拡張)
2. 福星処理場 日処理量	8 万 m ³ /日	計画どおり (現在は 18 万 m ³ /日に拡張) *両処理場とも、除臭設備の追加調達が実施された
3. 下水管 管網整備 下水システム改修	計 110km 19 ヶ所の接続	計 108km 計画どおり
4. ポンプ場	20 ヶ所	計画どおり
2) 水路整備と導水事業		
1. 水路整備 浚渫 河川拡幅 橋梁改善	65.3km 4.4km 21 ヶ所	計画どおり 計画どおり 計画どおり
2. 導水(太湖) 取水量 導水管 ポンプステーション	35 万 m ³ /日 29.1km 1 ヶ所	計画どおり 計画どおり 計画どおり

主な変更点は以下の通り。

- 当初計画した婁江下水処理場の排出口は開発区に位置する金鷄湖の上流域にあり、その水質に影響を与えないよう、下流に移された。
- 建設予定地の周辺の住宅開発が進み、処理工程での悪臭対策の必要が生じたため、除臭設備の追加調達が実施された⁹。

⁹ 追加調達の規模は約 5 億円で、本事業の円借款資金を活用して整備された。現在も悪臭対策は継続して進められており、本事業の事後評価時点においても、反応池上面を覆う追加工事を実施中

本事業については、蘇州市の汚水処理需要の増加を受け、世界銀行の支援による処理量拡張の第二期工事が実施され、現在の処理量は当初規模の倍(日処理量 32 万 m^3)に拡張されている。また環境・水質の国家基準の引き上げに伴い、第三期工事が実施された¹⁰。

これは当初設計が対象としていなかった汚染物質の処理能力向上を図るもので、2010 年末に完成している。この他、上述の臭気対策については、最近も福星処理場で追加の臭気対策・改築工事が実施されている。追加工事の理由は、事業実施当時、対象地は郊外に位置し、周辺に住宅等もなかったことから、特段の臭気対策は必要とされていなかったが、その後の経済発展に伴い、周辺地域の住宅地開発が進んだため、近隣住民への配慮から除臭設備の改良が必要となったためである。



図 4 福星処理場 生物反応池



図 5 住宅地そばの水路

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

総事業費は 165 億 7800 万円(うち円借款部分 62 億 6100 万円)の計画に対して、実際は 170 億 6700 万円(うち円借款部分 62 億 6100 万円)と、計画を若干上回った。この金額は除臭設備の追加購入約 5.1 億円を含むものであり、当初計画された設備の事業費実績は 165 億 5800 万円で、用地取得費の増加等(約 2.75 億円増加)は生じたものの、為替レートの変動等もあり、計画比 99.87%と計画内に収まった。

3.2.2.2 事業期間

本事業の期間は 2000 年 3 月～2003 年 12 月(46 ヶ月)の計画に対して、実際は 2000 年 3 月～2007 年 12 月(94 ヶ月/計画比 204%)と、計画を大幅に上回った。主な理由は以下の通りである。

- 導水管の一部(約 1km)の敷設について、政府命令により、蘇州駅の改築に合わせて同時に施工しなければいけなくなったため、着工～完成が 2007 年まで遅延した。

¹⁰ 改良・増強された設備は、網目フレーム及び曝気砂沈殿槽、改良型交替式生物反応槽、送風機室及び二期反応槽配電室等で、放出汚水の国家基準の一级 A[∧]B を達成することを目的としていた。

- 導水管の敷設対象地域の一部は交通量が多く、担当政府部門の施工許可が遅れた。
- ポンプ場整備のうち、白洋湾、斉門立体交差など、6ヶ所について、用地取得交渉が想定より長期化し、着工が遅れた。

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。

3.3 有効性（レーティング：③）

3.3.1 定量的効果

3.3.1.1 運用効果指標

(1) 評価の視点

汚水処理場の稼働状況の評価は、中国の国家環境基準を満たす運用がされているかどうかを主な基準として評価を行った。通常は、汚水処理場が計画された処理能力・効果を達成しているかどうかを主な評価の基準となるが、現在の中国の污水排出基準は、国の環境政策の厳格化に伴い、計画時より厳しい基準が適用されている。評価の対象となる汚水処理場も、このような基準の厳格化に対応するため、設備の増強を継続的に実施しており、すでに当初計画時を超える処理能力を有しているため、当初計画値を元に判断することは現実的ではないと考えた。このため有効性の評価については、事業実施以降に追加された工事も含めた、総合的な成果としてとらえる必要がある。

表 2 処理污水の国家水質基準

指標	計画時	現在
	一級 B 基準	一級 A 基準
COD _{cr} ¹¹	60 mg/l 以下	50mg/l 以下
BOD _s ¹²	20 mg/l 以下	10 mg/l 以下
SS ¹³	20 mg/l 以下	10 mg/l 以下
NH ₃ -N ¹⁴	8(15) mg/l 以下	5 (8)mg/l 以下
TP ¹⁵	1 mg/l 以下	0.5 mg/l 以下

出所：都市下水処理場汚染物排出基準(GB18918—2002)

¹¹ COD(Chemical Oxygen Demand)=化学的酸素要求量。BOD と同じように水の汚れの度合いを表す値として用いられ、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。

¹² BOD(Biochemical Oxygen Demand)=生物化学的酸素要求量。水の汚濁指標として用いられ、特に工場排水等の規制項目の一つとして重要。微生物が水中の有機物を分解するときに消費する酸素量として表され、この値が大きいくほど、水の汚れの度合いが高い。

¹³ SS(suspended solid)=浮遊物質。水中に懸濁している不溶解性の粒子状物質のことで、粘土鉱物に由来する微粒子や、動植物プランクトンおよびその死骸、下水・工場排水などに由来する有機物や金属の沈澱などが含まれる。

¹⁴ NH₃-N=アンモニア性窒素。蛋白質、尿素、尿酸などの有機性窒素の分解により生成するもので、窒素系の汚染の消長を知る手がかりとなる。りん酸塩とともに富栄養化を促進する原因となる。

¹⁵ TP=全りん。水中のりん化合物の総量をりんの濃度であらわしたもの。りんは、し尿、洗剤、肥料等に含まれており、全りんは、富栄養化の指標として使用され、閉鎖性水域では排水基準が定められている箇所がある。

(2) 汚水処理場の稼働状況

1) 福星／婁江処理場の稼働状況

両汚水処理場は、当初需要を大きく超える汚水処理の需要に対応しており、稼働以来、100%超の稼働を続けてきた。効率性の項で述べた通り、両汚水処理場は第二期～三期工事を経て、汚水処理能力は当初の倍以上の規模に増強されている。現在、市内の処理場は既設の城東処理場含め3カ所で、汚水処理能力は32万t/日まで拡張されており、市内の汚水処理需要を当面カバーできる規模に整備されている。

表 3 福星処理場の稼働状況

	指標	単位	第一期 (計画値)	2008年	2009年	2010年	国家基準 達成状況
1	処理人口	万人				25.4	
2	汚水処理量	(m ³ /日)		79,500	113,000	125,200	
3	設備利用率	(%)		99.4%	62.8%	69.6%	
4	BOD濃度(mg/l)	入口	180	145.1	139.8	117.4	一級A
		出口	30	7	5.1	2.81	
		削減率(%)	83.3%	95.2%	96.4%	97.6%	
		削減量(t)	4380	4007	5554	5237	
5	COD濃度(mg/l)	入口	360	324.6	332	309	一級A
		出口	120	35.7	32	32	
		削減率(%)	66.7%	89%	90%	90%	
		削減量(t)	7008	8,383	12,374	12,658	
6	SS濃度(mg/l)	入口	250	169	168	171	一級A
		出口	30	15	13	10	
		削減率(%)	88.0%	91.1%	92.3%	94.2%	
		削減量(t)	6,424	4,467	6,393	7,367	
7	NH3-N濃度(mg/l)	入口	35	27.1	25.8	23.3	一級A
		出口	25	21	4.4	3.6	
		削減率(%)	28.6%	22.5%	82.9%	84.5%	
		削減量(t)	292	177	883	898	
8	TP濃度(mg/l)	入口	4	3.7	4.19	3.72	一級B
		出口	1	1	0.95	0.51	
		削減率(%)	75.0%	73.0%	77.3%	86.3%	
		削減量(t)	88	78	134	147	
9	汚泥処理量	t/年		23,599	28,684	44,032	
10	汚泥再利用率	(%)		100	100	100	

出所：蘇州清源建設有限公司

汚水処理場の汚染物質削減率は、2010年時点でほぼすべての指標で9割近くに達し、処理後水質目標および削減量とも、当初計画値を概ね達成している。現在の処理効率は、当初基準の一級B基準はすでに全項目で達成している。また一級A基準についても、SS、TPを除き達成しており、良好と評価できる。

表 4 婁江処理場の稼働状況

	指標	単位	第一期 (計画値)	2008年	2009年	2010年	国家基準 達成状況
1	処理人口	万人				20.2	
2	汚水処理量	(m ³ /日)		61,200	124,000	123,900	
3	設備利用率	(%)		100%	89%	89%	
5	BOD濃度(mg/l)	入口	180	95.3	102.7	111	一級A
		出口	20	6	4.01	2.99	
		削減率(%)	89%	94%	96%	97%	
		削減量(t)	3,504	1,995	4,467	4,885	
6	COD濃度(mg/l)	入口	360	231.3	249	259	一級A
		出口	60	29.4	27.8	25.8	
		削減率(%)	83%	87%	89%	90%	
		削減量(t)	6,570	4,510	10,012	10,545	
7	SS濃度(mg/l)	入口	250	119	124	124	一級B
		出口	20	13	12	11	
		削減率(%)	92%	89%	90%	91%	
		削減量(t)	5,037	2,368	5,069	5,110	
8	NH3-N濃度(mg/l)	入口	35	24	23	23.3	一級A
		出口	15	4.6	2.52	3.64	
		削減率(%)	57%	81%	89%	84%	
		削減量(t)	438	433	927	889	
9	TP濃度(mg/l)	入口	4	3.4	3.76	3.72	一級B
		出口	0.5	0.8	0.75	0.51	
		削減率(%)	88%	76%	80%	86%	
		削減量(t)	77	58	136	145	
10	汚泥処理量	t/年		13,635	24,104	28,409	
11	汚泥再利用率	(%)		100%	100%	100%	

出所：蘇州清源建設有限公司

(3) 導水事業

太湖からの取水事業について、現在の運用状況は以下の通りである。導水事業については、市内水路の水質改善や、他の導水事業との連携が進んだことから、現在は水質改善のための水路循環の役割を縮小し、上水道の水源の送水機能へと、その役割を切り替えている。

表 5 取水事業の現況

	計画値	2008	2009	2010
取水量(万 m ³ /日)	35	31.9	23.8	18.8
うち水源用途		9.9	9.8	9.8
うち水路循環		22	14	9
年間導水日数	300	365	365	365
うち水源用途		365	365	365
うち水路循環		22	16	10

出所：蘇州清源建設有限公司

2010年現在、水路循環のための導水は年10日程度にとどまっております、水質の改善が順調に進んだことを示していると評価できる。送水機能についてはほぼ通年で稼働しており、設備の有効活用が図られている。なお蘇州市では水質改善の取り組みの一環として、西塘河導水工事を実施している。これは西塘河と望虞河を通じて長江の水を蘇州市内の河川に流入させ、市内の河川水環境容量と水の自浄能力を高めることを目的としており、現在は太湖からの導水事業と合わせて実施されている。



図 6 太湖沿岸の取水口



図 7 取水ポンプ場

(4) 市内水路の水質改善

本事業は、汚水処理施設・下水管、市内水路の整備により、汚水の市内河川や水路への直接排出を抑制し、河川・水路の水質を改善することを目的として実施された。現在市内を流れる河川・水路の主要地点(市中心部・内堀)における水質は以下の通りで、いずれも景観用水の水質基準となる、国家基準Ⅳ類を達成している。

表 6 に示すとおり、COD、BOD 等の主要指標は、事業実施前の水準からほぼ 5 割程度、もしくはそれ以上の改善を示しており、水路の水質について、明確な改善傾向が確認できた。現地調査時では市内 5 カ所のサンプル調査を実施したが、外観上も目立った汚染や富栄養化現象は確認されず、安定した水質が維持されていた。加えて、後述する受益者調査でも、多くの回答者が近年の水路の水質改善を認識・評価しており、汚水処理事業による効果が確認できた。

表 6 市内水路の水質の改善状況

(単位：mg/l)

		事業実施前		現状		
		1998	1999	2008	2009	1998 年比
相門橋	COD ¹⁶	38.9	39.1	22.23	20.21	-48%
	BOD	8.1	8.2	4.6	3.7	-54%
	NH3-N	1.89	1.91	1.53	1.04	-45%
	TP	1.58	1.59	0.75	0.52	-67%
平門橋	COD	39.3	39.2	23.4	21.32	-46%
	BOD	7.9	8.0	4.7	3.6	-54%
	NH3-N	1.88	1.92	1.49	1.09	-42%
	TP	1.63	1.63	0.72	0.49	-70%
姑胥橋	COD	39.6	39.5	22.14	20.18	-49%
	BOD	8.3	8.1	4.9	3.8	-54%
	NH3-N	1.91	1.9	1.44	1.16	-39%
	TP	1.59	1.63	0.67	0.46	-71%
人民橋	COD	39	39.3	21.98	20.01	-49%
	BOD	8.2	8.3	4.5	3.3	-60%
	NH3-N	1.9	1.93	1.5	1.13	-41%
	TP	1.59	1.6	0.65	0.53	-67%

出所：蘇州市環境保護局



図 8 市内水路の一部



図 9 市内近郊の大運河

¹⁶ なお JICA 審査時資料では COD 値について、COD_{mr}を採用しているが、現在の測定基準は COD_{Cr}となっているため、そちらに合致する基準を新たに収集して、審査時～事業実施後の比較を行った。COD の測定方法は二つあり、日本では過マンガン酸カリウムによる酸化反応で酸化に要する酸素量を求めるマンガン法 (COD_{Mn}) が採用されているが、中国では二クロム酸カリウムによる酸化反応で求めるクロム法 (COD_{Cr}) を採用している。過マンガン酸カリウムの方が酸化力は弱く、同じサンプルを両方法で分析するとこちらの方が低い値になる (COD_{Mn} は COD_{Cr} のおよそ 1/3 の値)。

3.3.1.2 内部収益率

本事業の財務的内部収益率(FIRR)は、計画時に採用された以下の前提条件に基づき、実績値を元に再計算を行った。その結果は 1.86%と、計画時の 6.2%から低下している。この背景には、汚水処理コストの増加に加え、汚水処理料金設定の水準が想定より低いことが挙げられる。汚水処理コスト(費用)は計画時には 0.6 元/m³以下と想定されていたが、実際の処理コストは 0.65 元/m³に上昇している。加えて審査時の計算では、処理料金(便益)は当初 0.6 元/m³から毎年値上げし、最終的には 1.4 元/m³の徴収を想定していたが、実際の徴収料金は当初 0.4~0.55 元/m³から現在は 1.15 元に設定されており、当初想定よりも汚水処理による収益の幅が狭まっているためと考えられる。実施機関との協議では、元々汚水処理事業は公益性が高く、現在の料金水準も収益性を重視したものではなく、汚水処理に要する直接的な費用を回収できる水準に設定しているとの回答があった。

前提条件	計画時	事後評価時 (2011 年)
1.費用：初期投資額、運営・維持管理費用 2.便益：汚水処理料金収入	FIRR 6.2%	FIRR 1.86%

3.3.2 定性的効果

本事業がもたらす定性的効果としては、水質の改善による都市景観、生活環境の改善等があるが、これらの分析についてはインパクトの項で詳述する。

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、有効性は高い。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

本事業は汚水処理施設の整備を通じて市内河川、水路の水質改善、市民の生活環境の改善に寄与することを目的としていた。本項ではこれらの点を分析するため、処理された水の排出先の河川、水路の水質への影響や、蘇州市民の水環境についての意識の変化に関する調査を実施した。

3.4.1.1 汚水処理場近郊の河川・水源の水質

婁江/福星処理場の処理済み汚水排出口近郊¹⁷の河川水質は、表 7 が示すとおり事業実施以降、年々改善傾向にあり、観測点の大半において地上水 IV 類の水質国家基準に達している。河川水質は、上流域の汚染状況なども影響するため、本事業との関係性を明確に検証することは困難である。しかしながら、本事業で処理された汚水の放流水質

¹⁷ 両処理場の排出先はそれぞれ婁江(婁江)、京杭大運河(福星)である。

は、国家基準の一級 A~B 基準に達し、河川水質に影響を及ぼさない水準に改善されていることから、これまで未処理で排出されていた汚水の量を削減したことで、改善に貢献しているものと評価できる。

表 7 婁江／福星処理場の排出先近郊の水質

1)婁江処理場の排出先近郊					
監測点	指標	2003	2008	2009	国家基準
朱家村	COD _{mn} (mg/l)	6.2	5.0	4.7	50
	BOD(mg/l)	3.7	2.8	2.4	10
2)福星処理場の排出先近郊					
監測点	指標	2003	2008	2009	国家基準
1.軽化倉庫	COD(mg/l)	35.8	25.8	20.2	50
	BOD(mg/l)	5	4.4	4.2	10
2.長橋	COD(mg/l)	30.7	20.4	20.2	50
	BOD(mg/l)	4.9	4.1	4.0	10

出所：蘇州市環境保護局

3.4.1.2 蘇州市全体の水質改善状況

蘇州市内の水路の水質は上述の通り大幅に改善し、景観用水の水質基準 IV 類を達成している。市内の汚水処理率も目標を上回っており、本事業を含む、蘇州市による水質改善に向けた取り組みが効果を挙げている。蘇州市清源建設会社の董事長とのインタビューでも、本事業が計画通りに実施され、汚水処理場が良好に稼働したことで、実施機関の事業実施能力と、汚水処理事業が水質改善に及ぼす効果が確認されたことで、ドナー資金の調達等が容易になり、第二期工事やその後の水質改善事業に向けた取り組みが加速したことを指摘しており、本事業がその後の取り組みの呼び水として重要な役割を果たしたことがうかがえた。

表 8 事業実施以降の蘇州市の水資源環境

指標	2000年	計画	実績
水質			
市内水路	V類	IV類	IV類
飲用水源	III類	II類	II類
汚水処理			
処理率	50%	75%	生活汚水 95% 工業汚水 100%
下水管普及率	85%	90%	不明

出所：JICA 審査時資料

注：下水管普及率については、蘇州市の正確な普及率が確認できなかったため、不明とした。ただし実施機関によれば、市区(都市部)の普及率は90%を超えているということが確認された。

3.4.1.3 住民の生活環境改善

本事業は市内水路の水質改善を通じて、市民の生活環境を改善することを目的の一つとしていた。水質の改善と生活環境との関係について把握するため、本調査で市民向けの受益者調査を実施した。対象は蘇州市内の水路近隣に居住・営業する住民(対象地区七里山塘街、滄浪亭)で、計 100 サンプル(有効数 98)を回収した。主要な質問への回答結果は以下の通りである。

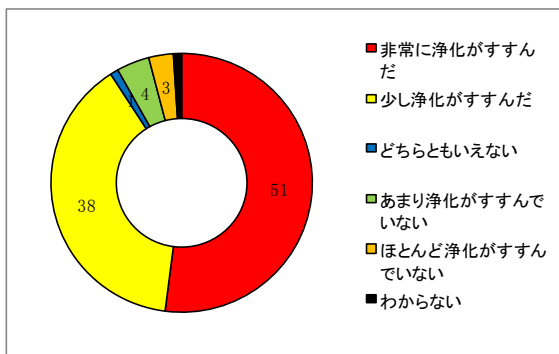


図 10 水質の改善についての評価

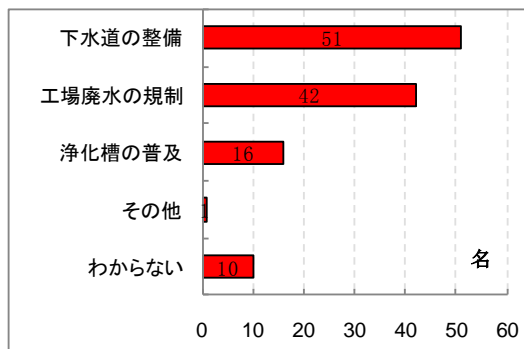


図 11 水質改善の理由

市内水路の水質の事業前後の変化については、約 9 割の回答者が、改善を認めており、2.3 で分析した水質の改善傾向が、住民レベルでも実感できていることが確認できた。また改善の理由として、汚水処理施設の整備を挙げる回答者が約半数を占めており、本事業が住民にも認知されていることが分かる。汚水処理施設の認知度が高い理由として、処理場が住宅地の近隣にあること、汚水処理場による環境教育キャンペーン¹⁸などの取り組みによる効果などが背景にあると見られる。

水質改善と生活環境の改善との関係についても、約 85%の回答者が、生活環境の改善上の効果を認めている。具体的には、住宅前の水路からの異臭・悪臭の減少や、蠅などの害虫の減少、水面の色の改善による景観の改善を認めている。また水路の改善により、水路近辺の散歩といった日常的な余暇の過ごし方の選択肢も増えており、その点でも一定の効果があると認められる。

一方、一部の住民について、いまだに生活用水を水路に直接放出する事例があるとの意見も聞かれた。実施機関では、これらの問題を直接是正する権限を有していないため、現時点で直接的な改善の取り組みは進められていない。このような生活習慣を変えるには、継続的な環境教育等を行う必要があり、環境保護局などとの連携による取り組みが必要と考えられる。

¹⁸ 実施機関では、年数回、近隣住民等を対象とした処理場の見学ツアーなどを開催し、汚水処理事業の普及と環境教育を図っている。

3.4.1.4 蘇州市の景観の改善と観光産業の成長

受益者調査によると、事業実施前と比較して、景観を含む生活環境の改善を認める意見が回答者の約85%に達しており、明確な改善傾向が確認できた。水質改善に伴い、蘇州市政府では水上観光振興の取り組みを推進しており、主要観光地間を結ぶ山塘～上塘河の環状遊覧や、平江河の文化水廊の整備などが進められてきた。このような取り組みの成果もあり、2000年代以降、蘇州市の観光客数は順調に増加している（図12参照）。

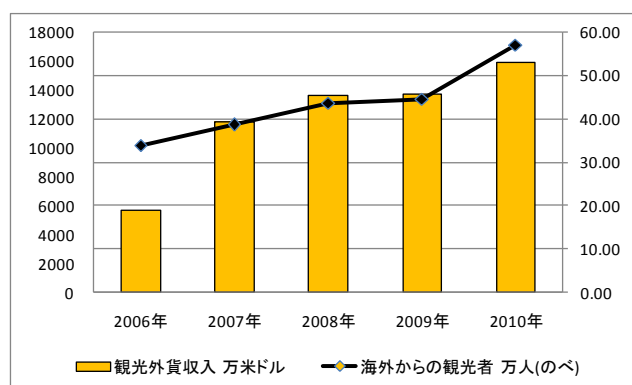


図12 蘇州市外国人観光客・収入の推移

出所：蘇州市観光局

蘇州市観光局副局長へのインタビューでは、以下の点が確認できた。

- ここ10年、観光客数は順調に増加しており、年平均約14～17%の伸び率を示しており、観光者数は2006年と比較して4倍以上の規模に増加している。観光収入額でも、外貨収入は2006年比で3倍、総収入では5倍以上に増加している。
- 観光局が実施した観光客向けのアンケート調査でも、以前見られた水の悪臭等の苦情はあまり見られなくなり、主要観光都市の満足度調査でも、全国で6位に達している。
- 「東方水城」と呼ばれる蘇州市にとっては、水路や水資源といった景観そのものが観光資源であり、近年水質が改善されてきたことは、大きな効果がある。全国観光研究院が実施した2010年観光都市満足度の調査結果でも、蘇州の満足度は過去3年間で11～7～3位と上昇傾向にあり、観光資源としての魅力が向上している。

このような観光産業の発展と水質改善事業の貢献度を定量的に測ることは困難だが、上記のインタビュー結果でも、水路や水資源が、蘇州市の観光資源において重要な役割を果たしていることが確認された。このことから、本事業を含む水質改善に関する継続的な取り組みが、現在の観光産業の順調な発展に貢献していると評価できる。

3.4.2 その他、正負のインパクト

(1) 汚泥処理の現状と課題

汚水処理過程で発生する汚泥については、蘇州市北部に位置する常熟市の民間企業(農業技術・肥料製造)と委託契約を結び、処理している。処理方法は有機廃棄物との混合による堆肥化で、この企業による処理量は 200t/日に上る。しかしながら、現状では再生産された堆肥の販売先が十分に確保できておらず、多くが在庫として保管されている。保管場所は当面確保されるとしているが、持続的な処理の循環を確立するには、販路の確立が課題となる¹⁹。処理を担当する企業では、汚泥を原料とする堆肥についての市場での認知度が低いため、政府による支援などを交え、中長期的には汚泥処理、堆肥化、市場流通というサイクルを確保し、適切な循環を確立することが必要としている。なお汚泥処理場周辺の観測井戸(4 か所)の水質のサンプリング検査の結果は以下の通りで、いずれも国家基準を下回っており、現時点で問題は見られないと報告されている。

表 9 観測井戸の水質(越溪鎮徐杏村)

(単位：mg/l)

指標	数値	基準値
COD _{mn}	4.8	未入手
NH ₃ -N	0.37	25.0
PH	7.4	6.0~9.0

出所：蘇州清源建設有限公司



図 13 常熟市の汚泥処理場



図 14 生産された堆肥

本事業実施機関の親会社(水務投資公司)との協議では、汚泥処理については、資源化や再利用など、高度技術の導入による効率化も検討しているが、コストなどの課題を解消する必要があり、今後の長期計画の中でどのように実施するか検討したいとの見解が示された。協議の中では、どのような技術が経済的、効率的な選択肢となるかについて、技術調査や外国からの協力を期待する意見も示された。

¹⁹ 生産された堆肥については、生産量の 20%が政府買取り、20%が独自の販路を通じた販売で、約 60%が在庫となっている。

参考 中国における汚泥処理の現状と課題

(1) 汚泥処理の現状

全国的な経済・都市の発展に伴い、中国における汚水処理需要も急速に伸びている。1990年代以降、中国政府は、日本の円借款等を活用して汚水処理場の整備などを中心的に取り組んできた。この結果、汚水処理に関するインフラの整備は一定程度進んだものの、処理過程で発生する汚泥の処理については、いまだ課題が多い。現在の国家計画(第12次5カ年計画)によると、全国の年間の汚泥発生量は3,500~6,000万トンに達すると見込まれており、対応に迫られている。一方、現在の汚泥処理方法は埋め立てや簡易堆積等に大部分を依存しており、汚泥に含まれる有機物や重金属等の二次汚染が問題となっている。特に埋立て用地の不足が問題となる沿岸部については、汚泥の焼却や再資源化といった高度技術の導入が今後必要と考えられる。

(2) 中国政府の取り組み

中国政府は汚泥処理に関する各種政策・規制を打ち出しており、『都市汚水処理場の汚泥の処理及び処分技術に関するガイドライン(2011年)』などの施策を通じて、汚泥処理技術や処理方法の選定等の基準を定め、推進に向けて取り組んでいる。最近ではBOT方式などによる汚泥処理場の建設など、民間投資による先進的な取り組みも試行的に実施されてきているが、これらの高度技術については資金調達や処理コストの改善、各地の地域性を踏まえた最適な技術・処理方法の選定などの課題がある。

汚泥処理に関する先進・試験プロジェクトの例

地域	事業名	処理方式等
大連市	大連東泰夏家河汚泥処理場	処理方式：嫌気性消化。BOT方式による運営。ドイツの技術 採用したモデル事業。
青島市	青島市麦島汚水処理場	処理方式：嫌気性消化。発生メタンガスの発電利用。
秦皇島市	秦皇島市緑港汚泥処理場	処理方式：バイオ堆肥の自動制御。
廈門市	廈門市都市汚泥の高度脱水処理や資源化処分及び利用	処理方式：高度脱水処理。脱水ケーキの再資源化など。
浙江省	浙江蕭山汚泥乾燥化及び焼却事業	処理方式：乾燥焼却。焼却後の残滓はセメント材等に再利用。

(3) 日本による支援

日本政府でも、これまでJICAが主催する、日本企業の汚泥処理技術の紹介などを行うセミナー等を通じて間接的な支援を実施している。汚泥処理技術については、各地の発展状況や地域性を踏まえた最適な処理技術の確立が必要となることから、今後は、継続的なセミナーの実施のほか、民間企業の進出を支援するための各地での事業可能性調査の実施等について、支援ニーズがあると考えられる。

(2) 住民移転・用地取得

住民移転は、一部は計画時にすでに完了しており、補償額の交渉長期化により期間の遅延はあったものの、実施機関関係者によると、最終的にはすべて計画通りに実施されたとの回答があった。清源公司としても、強制収用等の事態を回避するため、補償額の増額等を行ったが、その妥結額に至るまで、合意形成に時間をかけたことが影響したと考えられる。費用の交渉が長期化した原因は、補償算定の国家基準が 1996 年に策定された古いもので、その後の物価・地価上昇等を反映しておらず、移転対象者から補償費用の増額が要求されたためである。

表 10 本事業に伴う住民移転の状況

	計画	実績
婁江処理場	80 世帯	計画通り
福星処理場	未発生	未発生
水路改修	600 世帯	計画通り
導水管建設	20 世帯	計画通り

出所：蘇州清源建設公司

交渉の長期化は、効率性の項で述べた工期延長の一因となったが、移転プロセスを円滑に行うための対応として、適切であったと評価できる。

以上から、蘇州市の生活環境の改善、観光産業の発展につき、本事業によるインパクトの発現を確認することができた。事業実施を通じて、蘇州市全体の環境改善・発展に貢献したものと評価できる。今後は汚泥処理の高度化など、中長期の課題についての取り組みが必要と考えられる。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

本事業関連施設の運営・維持管理体制は、以下の通り。計画時は、主に蘇州清源建設有限公司(蘇州市人民政府 100%出資の国有企業)が事業実施にあたり、その後の運営・維持管理も担当する計画となっていた。現在の運営・管理体制は、実質に変化はないものの、組織体制・名称については以下の変更が生じている。

表 11 事業実施機関の一覧と変遷

	計画時	現在
1.汚水処理場	蘇州清源建設有限公司	蘇州市排水有限公司(新設)
2.下水道網	蘇州市政公用局	
3.水路		蘇州市水利局 河川管理处
4.導水施設	蘇州清源建設有限公司	蘇州市水道水公司

2008 年末、蘇州市の排水管理体制は機構改革が実施され、事業実施部門と管理部門の分離が進められた。計画時の実施機関であった蘇州清源建設有限公司は、上下水道インフラ整備に特化した企業となり、汚水処理場の運営は排水有限公司が担っている。また上部機関として蘇州水務投資発展有限公司がこれらの組織を統括し、蘇州市の水資源管理を担当するグループを構成している。上記組織はすべて同一傘下の国有企業であり、資本・協力関係においても問題は見られなかった。

3.5.2 運営・維持管理の技術

現地調査時に確認した運営状況やスタッフの業務状況等から判断すると、日常的な運営・維持管理業務の習熟度は高く、問題ないと考えられる。運営にあたる職員は、『特殊作業操作証』を保有しており、定期的な再審査、研修を受けるなど、研修・教育体制についても十分な制度が整備されている。

「3.1 妥当性」の項でも述べたように、蘇州市の水質改善に係る取り組みの優先度は高く、積極的な投資や、新規事業に伴う技術導入を進めていることも、技術水準の向上に貢献していると評価できる。現在の維持管理スタッフ数は以下の通りで、処理工程の効率化や設備の自動化などにより、当初の半分程度の規模で運営することが可能となっている。サイト視察時のインタビューでも現地技術者の運営状況に関する受け答えは適切で、現場レベルでの技術の普及が適切に進められていることがうかがえた。

表 12 主要施設の運営体制

項目	計画時	実績
婁江処理場	50 名(80 人*)	45 名
福星処理場	70 名(110 人*)	50 名
汚水管網	16 名	16 名

出所：蘇州清源建設公司

*()内は第二期拡張工事後の計画人員。

3.5.3 運営・維持管理の財務

汚水処理場の運営にあたる蘇州市排水有限公司は、下水処理料金を原資とする市政府の財政支出で運営されており、不足の際には市政府が補填することになっている。親会社にあたる水務投資会社は、上述したように、水分野への継続的な事業投資を行っており、市民生活に直接影響する水路の水質保全については、その観光資源としての重要性も相まって、安定的な予算付けが行われるものと考えられる。以上を踏まえると、本事業の実施機関・体制について、財務上のリスクは低いと考えられる。

計画時の下水処理費は 0.55 元/m³で、その後 2002 年 6 月に 1.15 元/m³、2010 年 4 月に 1.33 元/m³に引き上げられた。現在の水準は、下水処理直接コスト 0.65 元/m³をカバーできる水準に設定されており、営業収支はほぼ均衡した水準にある。

表 13 損益計算書(蘇州市排水公司/2010 年)

(単位：人民元)	
項目	2010 年
営業収入	65,410,930
営業費用	65,988,414
営業利益	-577,484
営業外収入 ²⁰	606,441
経常利益	28,957
純利益	21,718

出所：蘇州市排水有限公司

現在の下水処理料金は、公益事業としての位置づけと、下水処理施設の日常運行維持管理上必要な水準とのバランスを踏まえて設定しており、大きな収益を生む状況ではないが、財務上の懸念を生じさせるようなリスクはないと考えられる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

主要設備については、稼働状況のデータは良好で、サイト視察時の目視でも、状態は良好で、大きな問題は見られなかった。設備の状態については、省政府建設庁が定期的な設備巡回とサンプリング調査を行っている。汚水処理場の関係者によると、処理過程で生じる酸性ガスによる設備の腐食が課題としてあり、定期的な防腐処理を施しているとのことであった。

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。

²⁰実施機関によれば、営業外収入は、主に営業赤字時に政府による財政支出で補填される際に発生するとのことであった。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

蘇州市では、水質の改善は住民の生活環境上、緊急性の高い課題であった。事業実施以降、汚水処理場は順調に稼働しており、その結果市内水路の水質は5割以上の改善を見せるなど、顕著な効果が発現している。市民からも、水質の改善を認める意見が多く聞かれ、市内の観光業も順調に成長するなど、本事業の目的は概ね達成されたと評価できる。蘇州市政府は水資源分野への取り組みに高い優先度を付けており、事業の技術・財務的な持続性にも問題は見られない。ただし汚泥処理については、現行の埋め立て方式から焼却など高度技術への転換が将来的に必要と思われる。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

- (1) 現在の汚泥処理方法については、再生産された堆肥の販路確立や保管場所の確保などの課題があり、持続的な処理工程の確立には、高度技術の導入可能性も方向性の一つとして検討する必要がある。蘇州市の地域性を踏まえた効率的な処理方法の調査などを中長期的な取り組みの中で検討すべきである。
- (2) 生活污水の処理に関するインフラは一定の整備が進んだと評価されるが、生活污水の水路への直接放出など、住民意識や生活習慣については、さらなる改善の余地があると考えられる。この点については、水事業の実施機関だけではなく、環境保護局などと連携して、環境啓蒙教育等に取り組む必要がある

4.2.2 JICA への提言

本事業は高い成果を挙げているが、汚泥処理については、今後乾燥・焼却等の高度処理が必要になると考えられる。実施機関からも継続的な協力への要望・ニーズが確認できたことから、JICA として、これまで実施してきた技術交流セミナーの継続的な展開や、最適な処理技術の選定や実施可能性調査などの技術支援も有効と考えられる。

4.3 教訓

本事業による蘇州市内水路の水質改善効果は顕著であり、生活環境の改善や観光業振興への貢献など、社会経済上のインパクトも高く評価できる。本事業の場合、改善対象の市内水路や河川が住宅地のすぐそばに位置し、市民にとって変化が認知しやすかったこと、水路や景観そのものが観光資源であり、その改善と観光産業の成長の経過が明確であったことなど、事業の効果に対する市民の認知度の高さも、注目される。このように、開発事業の成果に対する理解や認知が高まることで、継続的な事業実施の環境が整備されるという正の循環が生まれることで、事業効果の維持・向上を図ることができる

と考えられる。また事業の実施機関による広報・普及活動もこのような循環に貢献していると考えられることから、広報・普及の活動は、単なる宣伝にとどまらず、事業効果の継続的な維持、向上を図る上での有効なツールとしても捉えるべきである。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット		
1) 下水処理場		
1. 婁江処理場 日処理量	6 万 m ³ /日	計画どおり
2. 福星処理場 日処理量	8 万 m ³ /日	計画どおり
3. 下水管 管網整備	計 110km	計 108km
下水システム改修	19 ヶ所の接続	計画どおり
4. ポンプ場	20 ヶ所	計画どおり
2) 水路整備と導水事業		
1. 水路整備	65.3km	計画どおり
浚渫	4.4km	計画どおり
河川拡幅	21 ヶ所	計画どおり
橋梁改善		
2. 導水(太湖)		
取水量	35 万 m ³ /日	計画どおり
導水管	29.1km	計画どおり
ポンプステーション	1 ヶ所	計画どおり
②期間	2000年3月～ 2003年12月 (46ヶ月)	2000年3月～ 2007年12月 (94ヶ月)
③事業費		
外貨	6,261百万円	6,261百万円
内貨	10,317百万円 (6.88億元)	10,806百万円 (8.6億元)
合計	16,578百万円	17,067百万円
うち円借款分	6,261百万円	6,261百万円
換算レート	1 元 = 15円 (2000年3月現在)	1 元 = 14円 (1996年1月～ 2010年12月平均)

