

中華人民共和国

長沙市上水道整備事業

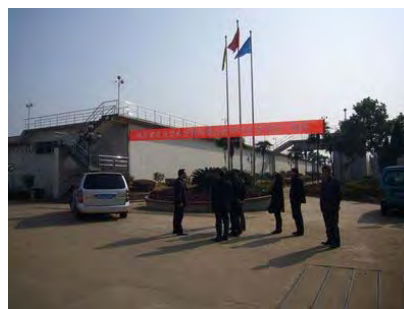
外部評価者：三州技術コンサルタント株式会社

川畑安弘

1. 案件の概要



プロジェクト位置図



第8浄水場正面広場

1.1 事業の背景

中国では1979年から始まった改革開放政策の下、積極的な企業誘致等を推進するための環境整備の一環として、特に沿海部大都市を中心に、上水道施設の新設、改善等がなされた。1999年時点における都市の一人当たり生活用水給水量は218リットル/日と、都市部においては日本（200～250リットル/日）と同レベルに達し、都市における上水道普及率も96%と1985年の81%、1990年の89%から着実に改善していた。一方、比較的経済発展の早かった沿海部に続き、内陸の大中規模都市においても90年代中頃より急速な工業化と人口集中による都市化の進行に起因した工業用水、生活用水等水需要の急増による供給ギャップが問題となっていた。

湖南省長沙市は人口577万人を抱える省都であり、市内5区および周辺の4県からなる省の政治、経済及び文化の中心都市である。1999年末時点で市区人口は169万人となり、2010年長期計画として1990年に策定した抑制目標である2010年160万人を既に超えていた。また、この他、市外からの流入人口は54万人に達していた。同市には2001年時点で、6浄水場、計104万 m^3 /日の水道設備が存在しており、湘江を隔てて河東区、河西区にそれぞれ4浄水場計74万 m^3 /日、2浄水場計30万 m^3 /日と2地域に分かれたシステムになっている。本事業対象地域である河東区は、審査時、人口増及び生活向上に伴う水需要の増加から負荷運転をしている状況であり、更なる給水設備能力の増加及び管網の整備が急がれていた。

1.2 事業の概要

長沙市において、新たに50万 m^3 /日の供給能力を持つ上水道施設を建設することにより、給水能力不足及び今後の水需要への対応、並びに安全性の高い上水の安定的供給をはかり、もって生活・衛生環境の改善および地域経済の発展に寄与する。本事業位置図を図1に示す。



図1 事業位置図

円借款承諾額／実行額	4,850 百万円／4,849 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2001 年 3 月／2001 年 3 月
借款契約条件	金利 1.3%、返済 30 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイト
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	2006 年 7 月
本体契約	Hubei International Trade Investment & Development Co., Ltd. (中国)
コンサルタント契約	なし
事業化調査 (フィージビリティ・スタディ：F/S) 等	湖南省建設設計院による F/S (1999 年 4 月) 湖南省環境保護科学研究所による EIA (1998 年 5 月)

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

川畑安弘（三州技術コンサルタント株式会社）

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：2009年11月～2010年8月

現地調査：2010年1月3日～1月16日、2010年4月11日～4月22日

3. 評価結果（レーティング：A）

3.1 妥当性（レーティング：a）

3.1.1 開発政策との整合性

中国では90年代中頃より急速な工業化と人口集中による都市化に伴い工業用水、生活用水等、水需要の需給ギャップが問題となり、供給設備能力の増強が求められていた。また、水源となる河川の水質汚濁及び地下水位低下等の問題も抱えており、水資源の確保及び節水対策への対応も求められていた。このような状況の下、中国第9次5ヶ年計画（1996年～2000年）では地方都市上水インフラを重点課題と位置付け、計画期間中に全国給水量を4,000万 m^3 /日増加、都市上水道普及率96%達成、一人当たり給水量を40リットル/日増加する目標を設定していた。現行の中国第11次5ヶ年計画（2006年～2010年）においても、中国政府は都市のための水源保護をさらに強化し、水供給施設の建設を推進するとしている。

湖南省の第9次5ヶ年計画（1996年～2000年）では、同省の経済発展のために必要なインフラ整備が優先事項とされていた。現行の湖南省の第11次5ヶ年計画（2006年～2010年）では、公共事業の優先及び上水道普及率93%の達成が目標とされている。

また、長沙市の第9次5ヶ年計画（1996年～2000年）では公共施設の整備を促進するとしており、上水道に関しては、浄水場の新設/容量増設を優先するとしていた。本事業も同期間中に実施されるべき事業として列記されていた。現行の長沙市の第11次5ヶ年計画（2006年～2010年）では主要インフラ施設のネットワーク強化を推進するとしており、上水セクターのインフラ整備も優先事項とされている。また、長沙市上水施設改良建設計画（2006年～2020年）によると、浄水場の新設により70万 m^3 /日、改良により60万 m^3 /日、同市の浄水能力を強化するとしており、上水道事業は優先事項となっている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

長沙市の河東区には審査時点で計74万 m^3 /日の設備能力をもつ4つの浄水場が存在していたが、人口増及び生活向上に伴う水需要の増加から負荷運転をしており、一日最大給水量

は94万m³/日に達し、20万m³/日の設備能力が不足していた。特に、負荷運行を強いられる夏季等は濾過時間の短縮、消毒のみで配水する等、簡易処理で対応する事態が発生していたため、これに対応するためには供給能力増強が必須であった。評価時点においても、現行の長沙市上水道設備の改善及び建設計画（2006年～2020年）によると、同市の経済発展/生活水準の向上に伴う水需要に対処するため、新たに70万m³/日の設備能力の増加、配水管350kmの修理及び新設などが必要とされており、水需要は引き続き高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

海外経済協力業務実施方針（1999年12月）によると、中国への援助方針として、自主的な経済発展に資する経済・社会インフラ整備等の支援に重点が置かれており、審査時点では、本事業はわが国の援助政策に合致している。

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（レーティング：b）

3.2.1 アウトプット

本事業におけるアウトプットは以下のとおりである。本事業は第8浄水場としての取水施設、導水施設、浄水施設、および送水施設の建設ならびに同浄水場からの配水施設から構成される。取水施設、導水施設、浄水施設は計画通り、送配水施設はほぼ計画通り建設された。

表1 アウトプット比較（計画/実績）

項目	計画	実績
①取水施設	取水管 延長約 30m×2 取水ポンプ場	計画通り
②導水施設	導水管 延長約 850m×2	計画通り
③浄水施設	フロック形成池、沈殿池、ろ過池 能力：50 万 m ³ /日（凝集沈殿急速ろ過方式） （25 万 m ³ /日を 2 期に分けて建設）	計画通り
④送水施設	送水管 延長約 400m×2	ほぼ計画通り （延長約 420m×2）
⑤配水施設	配水管網 延長約 280km 加圧ポンプ場 新設 1ヶ所、拡張 1ヶ所	配水管網 延長約 250km でほぼ計画どおり。ただし、加圧ポンプ場の新設 1ヶ所、拡張 1ヶ所は本事業では実施されなかった。

出所：JICA 審査時資料、質問票に対する回答書

配水管網は市庁舎の移転に伴い、約30km短縮され、延長約250kmになった。加圧ポンプ場の新設（1箇所）及び拡張（1箇所）は、同市南城区の導水管が取り替えられ、水圧も上がったため、負荷容量に余裕が出来、実施を先送りされた。

コンサルティングサービスについては、自己資金で工事期間中（2001年3月～2004年12年）、施工監理を実施。



第8浄水場 配水施設



第8浄水場 沈殿地

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業期間

事業実施期間は、ほぼ計画通りであった。審査時に計画された2001年3月（L/A 調印月）～2004年12月（事業完成）の46ヶ月に対し、事業完成（送水開始）は2001年3月（L/A 調印月）～2004年12月（送水開始）の46ヶ月（計画比100%）であった。ただし、送水開始は当初計画通りに行われた一方で、配水施設の工事期間は延長された。その理由は、送水開始時点（2004年12月）で212kmについては完成していたが、残り38kmについては、配水管を埋設する道路の改良工事が計画通り完成しなかったため、送水開始後も引き続き、工事を継続したことによる。また、ポンプ場工事についても予定工期より2年遅延しているが、これは機械/電気施設の購入/調達に関して、実施機関が国際競争入札（ICB）方式に不慣れたため、入札発注パッケージ数を17パッケージに細かく分割し、入札を実施したこともあり、中国側内部の承認諸手続きの調整に時間を要したことによる。ただし、幸い、この遅れは全体的な事業完成には影響は及ぼさなかった。

3.2.2.2 事業費

審査時に積算された総事業費は88億57百万円（うち、円借款は48億50百万円、残りは中国政府負担）であったが、実績は94億55百万円（うち、円借款は48億49百万円、残りは中国政府負担）と、計画を若干上回った（計画比107%）。事業費の主な増加理由は資機材及び労務費の高騰によるものである。特に、1) 取水施設における輸入品の資機材、2) 浄水施設における、特に電気、制御パネル、3) 送配水施設の内、特に配水施設の埋設土木工事費については見積価格より高額となった。

以上より、本事業は事業期間についてはほぼ計画通りであったものの、事業費が計画を若干上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性（レーティング：a）

3.3.1 定量的効果

3.3.1.1 運用・効果指標

(1) 給水能力不足および水需要への対応

表2に長沙市における上水道施設能力の状況を示す。

表2 長沙市における上水道施設能力

指標名（単位）	1999年 （基準値）	2008年 （完成後4年） （目標値）	2008年 （完成後4年） （実績値）
給水人口（万人）	167	194	237
一人当たり生活用水量（ℓ/日）	255	339	291
上水道普及率（%）	100	100	100
漏水率（%）	18	14	15.5

出所：JICA 審査時資料、質問票に対する回答書

受益人口が予測より増加したため（約22%増）、一人当たり生活用水量（ℓ/日）は予測より減少している（約14%減）。漏水率は目標値（2008年）と比較して、若干悪化している。

本事業は長沙市河東区に位置するが、河東区の給水設備能力状況を表3に示す。なお、第8浄水場給水対象地域である河東区には第8浄水場の他、4箇所の浄水場が存在する。

表3 河東区の給水設備能力（5浄水場の合計）

指標名 （単位）	基準値	予測値			実績値			
	1999年	2002年	2005年 完成後1年	2008年 完成後4年	2002年 完成前	2005年 完成後1年	2008年 完成後4年	2009年 完成後5年
給水人口 （万人）	140	146	153	160	154	150	175	180
一日最大 給水量 （万m ³ /日）	94	111	118	125	110	110	111	113
設備能力 （万m ³ /日）	74	99 ^{注1}	124 ^{注2}	124	97 ^{注3}	130 ^{注4}	130	130
不足設備能力 （万m ³ /日）	20	12	-6	1	13	-20	-19	-17

出所：JICA 審査時資料、質問票に対する回答書

注1： 第8浄水場第Ⅰ期2002年末、完成予定（25万m³/日）

注2： 第8浄水場第Ⅱ期2004年末、完成予定（25万m³/日）

注3： 第8浄水場第Ⅰ期工事（浄水施設）が2001年12月に完成、25万m³/日の能力増強。第7浄水場が施設老朽化のため、2万m³/日の給水能力減少

注4： 第1浄水場の増強工事が2003年に完成、8万m³/日の能力増強。第8浄水場第Ⅱ期工事は2004年12月に完成、25万m³/日の能力増強。尚、審査時に計画されていた2008年の第6浄水場（20万m³/日）の建設は開始されていない

事業完成後、給水人口は予想を上回って増加しているが、市庁等が河西区に移転した事もあり、給水量は微増に留まっている。本事業の完成により、給水設備能力は一日最大給水量を2009年時点で17万m³/日上回っており、給水能力の向上に貢献している。なお、第8浄水場の施設稼働率は事業完成後2年目（2006年）で64%、3年目で80%である。給水人口・一日最大給水量に関して計画値と実績値を比較すると、ほぼ計画通りであるのに対し、第1浄水場の増強工事が2003年に完成し、8万m³/日の能力増強となったこともあり、2005年～2009年は給水設備能力に余裕が生じている。

(2) 上水の安定的供給

安定的供給の状態を検証する指標としては、給水区域の最小/最大水圧等が考えられるが、詳細なデータがないため、間接的に検証し得る、苦情件数の増減、水圧の変化を基に検証した。表4に水圧不足に関する市民からの苦情件数の経年変化、表5に給水対象地域における水道水圧の経年変化を示す。

表4 水圧不足に対する市民からの苦情件数

	2004 (完成年)	2005 (完成後1年)	2006 (完成後2年)	2007 (完成後3年)	2008 (完成後4年)	2009 (完成後5年)
件数	113	19	7	4	2	0

出所：質問票に対する回答書

注：第1期工事（25万m³/日）は2001年12月に完成。

第2期工事（25万m³/日）は2004年12月に完成。

表5 給水対象地域における水道水圧の変化

	2004 (完成年)	2005 (完成後1年)	2006 (完成後2年)	2007 (完成後3年)	2008 (完成後4年)	2009 (完成後5年)
水圧 (MPa ²³)	0.15	0.19	0.21	0.21	0.21	0.21

出所：質問票に対する回答書

上記2表は、本事業完成後、水圧の増加とともに、市民からの水圧に対する不満も激減した事を示している。更に、貸付完了日まで続いた配水管の埋設延長が伸び、給水対象面積も増えるとともに水圧に対する不満もが減少し、一部地域を除き（浄水場より約4km離れた丘陵地域）、不満も現時点ではほぼ聞かれなくなり、上水が安定的に供給されていること表している。

また、給水される水道水の水質は、表6に示すように、すべての検査項目（濁度、総細菌数、大腸菌数、マンガン量、鉄分量、鉛量等）に関して、国家基準を満たしており、水道水として適切であることが証明されている。また、同浄水場は化学検査室を

23 日本での一般水道の水圧は地理的条件にもよるが0.05～1.0MPa（メガパスカル）の範囲にある。例：0.5MPaは直圧で約35m（10～11階相当）まで水を汲み上げる事が可能な水圧レベルである。

有しており、水質について、同検査室職員が定期的にモニタリングしている。

表6 第8浄水場の水質検査結果

検査日：2009年9月5日

項目	水質の国家基準 (GB5749-2006)	第8浄水場の 水質検査結果
Ph 値	>=6.5 <8.5	7.5
濁度 (NTU)	<1	0.15
臭気味	無	無
細菌総数 (CFU/ml)	<100	3
大腸菌群 (CFU/100ml)	0	0
鉄 (mg/L)	<0.3	0.05
マンガン (mg/L)	<0.1	<0.0001
鉛 (mg/L)	<0.2	0.0415

出所：質問票に対する回答書

さらに、長沙市内に布設されている水道管の漏水率は、古い水道管を新しい水道管に交換する工事が進められた結果、1999年18.0%、2005年16.7%、2008年15.5%、2009年14.1%と、年々確実に減少している。

3.3.1.2 内部収益率の分析結果

財務的内部収益率 (FIRR) :

審査時における財務的内部収益率 (FIRR) は、本事業に要する建設費用及び本事業の実施により増加する維持管理費を費用、水道料金収入を定量的便益として計算している。審査時点での前提条件を用い、評価時点でのFIRRを再計算した結果、FIRRはほぼ計画通りの6.0%となった。尚、FIRR算出にあたり使用した前提条件は次のとおりである。

便益：水道料金収入

費用：建設費用、維持管理費用・運転費用

プロジェクトライフ：30年

表7 財政的内部収益率 (FIRR)

	FIRR
審査時	5.9%
事後評価時	6.0%

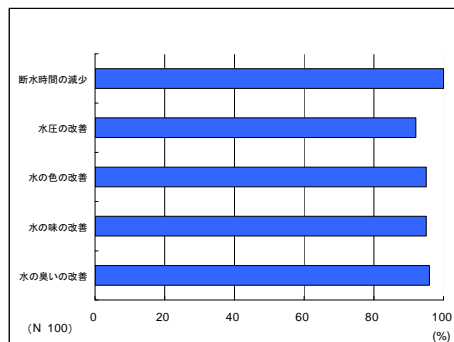
出所：質問票に対する回答書

なお、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。

3.3.2 定性的効果

長沙市河東区において、インタビュー形式による受益者調査を行った。回答者数は100人、回答者の性別による比率は女性39%、男性61%である。

断水時間、水圧、色、味、臭いについて、受益者調査回答者のそれぞれ100%（100人）、92%（92人）、95%（95人）、95%（95人）、96%（96人）が改善したと認識しており、本事業が安全性の高い上水の安定的供給に貢献していることが確認できた。



出所：質問票に対する回答書

図2 受益者調査結果（N=100）

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

受益者調査回答者の96%（96人）が本事業が衛生など生活環境の改善に貢献し、全員（100人）が本事業が経済活動（進出企業/機関の増加、それに伴う就労機会の増加等）へ貢献したと述べている。また、94%（94人）が水汲み労働時間の減少を効果としてあげており、事業実施前は、給水量、水圧とも不十分で夜間、容器に貯水あるいは井戸から水を汲み上げる等を行う必要があったが、事業完成後は、いつでも水道水が得られ、家事労働が軽減されたとの意見が聞かれた。

3.4.2 その他、正負のインパクト

(1) 対象地域及び周辺住民への裨益

給水対象地域は長沙市河東区で裨益者数は2009年時点で約180万人である。

(2) 自然環境へのインパクト

2006年12月、第8浄水場は中国環境保護総局による環境モニタリングプロセスに関する基準をすべて満たしていることを証明する認証（ECC）を受けた。

審査時点で指摘されていた浄水処理中に発生する汚泥は濃縮、機械脱水の後、長沙市環境保護局により、廃棄物埋立て処理場（望城県）へ運搬され、埋設されている。以上により、特に環境へのマイナス影響は認められない。

(3) 住民移転・用地取得

本事業の審査時点で計画された用地取得面積は約7万㎡であったが、ほぼ計画通りの約7万575㎡の用地が取得された。また、住民移転については、60戸約150人（既存浄水場従業員宿舎）が計画されていたが、ほぼ計画通りの62戸約156人が移転となった。なお、用地取得・移転補償費は1,950万元であった。以上により、移転住民である浄水場従業員は浄水場用敷地内に移転先住居が提供され、補償も適切かつ問題なく行われた。

受益者調査回答者の殆どが、本事業は衛生などの生活環境改善、また経済活動（進出企業/機関の増加、それに伴う就労機会の増加等）へ貢献したと評価している。更に、ほぼ全てが水汲み労働時間の減少を効果としてあげており、インパクトが顕著であることが検証された。

3.5 持続性（レーティング：a）

3.5.1 運営・維持管理の体制

当初、長沙市自来水会社が運営・維持管理を担当する事になっていたが、2004年に「長沙水業投資管理有限公司」が設立され、資産管理と事業運営が分離された。資産管理は「長沙水業投資管理有限公司」が行い、水道事業は長沙市自来水会社が行っていた業務を、取水/浄水事業と給水事業に分け、取水/浄水事業（第8浄水場）は「長沙水業投資管理有限公司」の子会社「長沙供水有限公司」が「長大グループ会社」に委託し、運営している。給水事業は「長沙供水有限公司」が自己運営している。なお、第8浄水場の運営・維持管理に係る管理職/職員数は管理職3名、運営制御担当職員20名、維持管理担当職員15名の合計38人である。

3.5.2 運営・維持管理の技術

第8浄水場の運営・維持管理に係る職員の学歴別構成は次のとおりである。

表8 運営・維持管理に係る職員の学歴別構成

職種	人数	最終学歴
管理職	3	大卒
運営制御	20	短大卒
維持管理	15	高卒
計	38	

出所：質問票に対する回答書

浄水場に勤務する職員数（技術、技能工）は適切であり、また十分なスキルを有しており、適切な維持管理マニュアルが整備されている。職員向けの研修は充実しており、主な内容は、労働安全/品質管理に関する国家基準/法律、労働者保護関連法/規制、会社規定、運営/維持管理規定、浄水場運営に関する技術（生産、電気設備、配水、水質検査、機械の維持管理基準等）である。会社規定により、定期的な研修が職種ごとに実施されている。

3.5.3 運営・維持管理の財務

第8浄水場を管轄する長沙供水有限公司の経営状況は次のとおりである。なお、収入の根拠となる水道料金の回収率は2008年現在で約85%である。

表9 長沙供水有限公司の経営状況

(単位：百万元)

項目	2006	2007	2008	2009
収入	348.44	418.20	456.26	492.35
運営・維持管理費	77.36	94.82	142.67	136.69
(内、減価償却)	43.81	60.39	37.17	43.14
利益	10.01	32.16	8.09	7.61

出所：質問票に対する回答書

事業完成後2004年12月)、水道料金から得られる収入は毎年増加し、2008年には対前年比9%、2009年には対前年比8%増加している。一方で運営・維持管理費も増加しているが、2009年現在、収入は運営・維持管理費を賄うには十分であり、本事業の持続性に関して問題はないと考えられる。

現行の水道料金は下記のとおりである。

表10 用途別の水道料金

(単位：元/m³)

用途	現行料金 (2007年3月制定)
一般家庭・行政	1.21
工業	1.38
商業	2.20
その他(特殊)	4.20

出所：質問票に対する回答書

現行の水道料金は2007年3月1日に設定されたものである。長沙供水有限公司は、過去数年間の物価上昇を考慮し、2009年11月に、料金改定申請を長沙市物価局へ提出し、現在、改定料金案について、一般住民から意見が聴取されている状況である。同改定案では、一般家庭・行政用に対しては、0.2元/m³程度、全用途では、平均0.3元/m³の値上げを計画している。水道料金値上げ案が認められれば、さらに同有限公司の経営は健全なものになる。

3.5.4 運営・維持管理の状況

第8浄水場では、3段階(運営職員による検査、維持管理職員による検査、幹部職員による抜き打ち検査)での監視・検査システムが採用されている。日常の運営は4チーム、3交代/日制で実施されている。維持管理職員による検査は一日1回、幹部職員による抜き打ち検査は不定期に行われている。全体的な安全性検査は、取水施設(ポンプ)に関しては、毎

週、浄水場内の塩素処理室については毎月実施されている。本事後評価の現地調査時において、各施設ともきれいに整理整頓され、維持管理が行き届いていることが確認された。

約250kmに及ぶ配水管については、他浄水場からの送配水管を含めて、長沙供水有限公司が維持管理を管轄しており、定期的に点検を実施、古い水道管は新素材の水道管に取り替える工事を実施している。



第8浄水場 案内板



第8浄水場 取水施設

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

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業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。事業期間についてはほぼ計画通りであったものの、事業費が計画を若干上回ったため、効率性は中程度である。有効性については、概ね計画通りの効果発現が見られ、有効性は高い。また、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(A)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

本事業での唯一の問題点は、浄水場建設に必要な資機材を17パッケージに分けて、国際入札方式で入札したため、調達に時間が掛かり、一部工程（ポンプ場）で工期が遅れたことである。事業準備段階で、調達方法（国際入札、国内入札、資機材の購入/据付工事一体の入札方式等）を十分検討した上で、特に、国際入札については、適切な契約金額規模/パッケージ数となるよう、より現実的な調達実施計画を策定することが望まれる。

主要計画／実績比較

項目	計画	実績
① アウトプット		
1) 取水施設	取水管 延長約30m×2 取水ポンプ場	計画通り 計画通り
2) 導水施設	導水管 延長約850m×2	計画通り
3) 浄水施設	ブロック形成池、沈殿池、ろ過池 能力：50万 m ³ /日 (凝集沈殿急速ろ過方式) (25万 m ³ /日を2期に分けて建設)	計画通り
4) 送水施設	送水管 延長約400m×2	ほぼ計画通り (延長約420m×2)
5) 配水施設	配水管網 延長約280km 加圧ポンプ場 新設1ヶ所、 拡張1ヶ所	配水管網 延長約250km は ほぼ計画どおり。ただし、加 圧ポンプ場の新設1ヶ所、拡 張1ヶ所は本事業では実施さ れなかった
② 期間	2001年3月～2004年12月 (46ヶ月)	2001年3月～2004年12月 (46ヶ月)
③ 事業費		
外貨	4,850百万円	4,849百万円
内貨	4,007百万円 (308百万円)	4,605百万円 (327百万円)
合計	8,857百万円	9,455百万円
うち円借款分	4,850百万円	4,849百万円
換算レート	1元 = 13円	1元 = 14.10円
	(2000年6月現在)	(2001年3月～2004年12月平均)