

セルビア

ベオグラード市上水道施設整備計画

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 下山 久光

0. 要旨

本事業は、監視・制御・データ集積（SCADA）システム¹、配水ポンプと制御装置、水質検査機器を、日本の支援でセルビア共和国のベオグラード市上下水道公社（Beogradski Vodovod i Kanalizacija: BVK）が調達することにより、市内の既存上水施設の適切な施設運転・維持管理を図るとともに、市内の水不足地域の給水事情を改善し、ベオグラード市の安全で安定的な飲料水供給に寄与することを目的として実施された。本事業はベオグラード市の開発政策、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。計画時の課題であった市全体の夏場の渇水と、標高の高いゾーン 3 と 4²の恒常的な水不足は、本事業の効果に加えて、他ドナーと BVK の自助努力の成果もあり、ほぼ解消されており、有効性・インパクトも高い。一方で、セルビアの負担事項である調達されたポンプの据え付けが完了していない。日本側の負担事項は事業費、事業期間ともに計画内におさまったものの、セルビア側の負担事項については計画を大幅に上回ることになるため、効率性は中程度である。BVK が SCADA システムを自立的に発展させるなど技術面では概ね良好だが、ベオグラード市が据え付け費用を計画通り執行できず、財務面に一部課題が見られることから、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



本事業で PS-15 に設置されたポンプ

¹ SCADA（Supervisory Control and Data Acquisition）システムは、日本語では監視制御システムと呼ばれることが一般的である。本協力対象事業の場合、ベオグラード市の水道運営をモニタリングし、一部施設については中央制御室から遠隔操作できるシステムになっている。

² ベオグラード市は標高の差により BVK が 4 つのゾーンに分けている。

ゾーン	1	2	3	4
標高（メートル）	75-125	125-175	175-225	225-310

1.1 事業の背景

本事業の対象地域であるベオグラードはセルビア³の首都である。計画時の人口は 132 万人で、給水人口は 84%であった。市の上下水道の運営は BVK が実施している。既存の上水道施設は老朽化の進行とともに故障が多く、また、取水できる地下水が減少して、特に夏場は水不足を起こしていた。上水道の運営に係る施設数も多く、各施設の水運用が包括的に行われていなかった。結果として適切な水配分がなされず、恒常的な水不足に見舞われる地域が多かった。さらに、水質分析機器は使用不能になっているものも多く、円滑な水質管理業務に支障をきたしていた。

1.2 事業概要

ベオグラード市において、SCADA（監視・制御・データ集積）システムの構築、配水ポンプ・水質試験機器を更新することにより、市内の既存上水施設の適切な施設運転・維持管理を図るとともに、市内の水不足地域の給水事情を改善し、ベオグラード市の安全で安定的な飲料水供給に寄与する。

E/N 限度額／供与額	754 百万円／661.97 百万円 (I/II 期) 454 百万円／370.82 百万円 (II/II 期)	
交換公文締結	2005 年 7 月 (I/II 期) 2006 年 10 月 (II/II 期)	
実施機関	ベオグラード市上下水道公社 (BVK)	
事業完了	2008 年 2 月	
案件従事者	本体	荏原製作所
	コンサルタント	東京設計事務所
基本設計調査	2005 年 3 月	
関連事業	他機関案件など 1) ドイツ復興金融公庫 (KfW) : 水道メーターや配管更新による無収水量対策 (8.909 百万 EUR) 2) 欧州復興開発銀行 (EBRD) : マキッシュ II 浄水場拡張計画 (20 百万 EUR)	

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

下山 久光 (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、以下の通り調査を実施した。

調査期間 : 2011 年 9 月～2012 年 11 月

現地調査 : 2012 年 3 月 13 日～27 日、6 月 17 日～25 日

³ 2004 年の計画時にはセルビア・モンテネグロ

2.3 評価の制約

有効性の評価について、事業目標が「給水不足地域の給水事情が改善する。」と曖昧だったため、特に定量的評価の運用指標に制約が発生した。具体的には、本目標が配水量または配水効率のいずれの改善によって達成されるべきかが曖昧であったため、有効性の判断を制約する要因になった。

3. 評価結果（レーティング：B⁴）

3.1 妥当性（レーティング：③⁵）

3.1.1 開発政策との整合性

ユーゴスラビア連邦共和国のセルビア共和国政府は、1995年に「国家水計画（Master Water Plan for the Republic of Serbia）」を策定し、その中で水源の確保・保護、総合水管理の維持・発展の必要性を明記した。基本設計調査を実施していた計画時には、ベオグラード市では「都市計画概要（General Urban Plan of Belgrade 2021）」が作成され、その中の総合的水管理計画では水資源、上下水道管理などを含む水問題について、市の体力に沿った計画を実施することとしていた。事後評価時でも同概要は市の中心的な上水道政策である。また、2001年に策定された「緊急改善計画」では、漏水率を33%から28%に改善すること、ポンプを更新して取水量や排水量を増量させることなどが計画された。前述の国家水計画に従って2004年に策定されたベオグラード市の「水供給施設開発計画（Prospective Development Program for Water Supply System for Belgrade）」では、需要量にあった安全な飲料水の安定供給を目標に掲げていた。本事業は、配水ポンプを更新するとともに、全ての施設の運転状況を把握して効率的な水運用システムを構築し、同市への飲用水の安定供給に寄与するもので、政策との整合性は高い。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

計画時のベオグラード市では、夏場の渇水や頻繁に発生する断水が問題になっていた。標高が高い地域（ゾーン3、ゾーン4）では夏場だけではなく、恒常的に水が不足していた。その主な理由は施設の老朽化により、故障が頻発していたことや、水道システム全体の稼働状況を把握する手段がなかったことによる管理上の問題であった。本事業の計画の前年に策定された「水供給施設開発計画」では、ベオグラード市内の一日当たりの水需要を95万400 m³（2005–2010年）から120万9600 m³（2010–2020年）に拡大すると予測していた。市の拡大に伴い、給水人口は2003年の131万9188人から2011年の158万3857人に増加し、特に郊外のゾーン4⁶では、1万7092人から3万6429人へと急増した。このような急速な水需要の増加に対応するためには、効率的な水運用と各ゾーンへの適切な水配分が必要とされた。事後評価時点でも、安定的な給水ニーズは依然として高く、給水事情の改善を目的とした本事業は、ベオグラード市の開発ニーズに合致している。

⁴ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁵ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁶ ベオグラードの郊外に向かって広がっている地域は全てゾーン4に含まれる。具体的には、ゾーン4は4地区に小分類されている。なお、地区の1つは最初にゾーン4として設定された地域の総称で「ゾーン4地区」と呼ばれている。：ゾーン4地区、南地区、アバラ地区、ビンチャ地区。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

計画時において、日本の対セルビア援助政策でも、上下水道を含むインフラを対象にした復興支援を重点目標としていた。紛争とその後の経済制裁により疲弊したインフラ再整備の一環として、市民の生活に直結する上水道の整備を、セルビアで最も人口の多いベオグラード市で実施した本事業の意義は大きい。特に、日本の水道局でも導入されており、その利便性に定評がある SCADA システムを無償資金協力にて導入し、最新の水道管理システムを構築したことは、その後のシステムの自立的な発展を見てもその妥当性は高いといえる。

以上より、本事業の実施はセルビアの開発政策、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⁷（レーティング：③）

有効性の指標として、給水量、配水量、施設の稼働状況、施設と機材の維持管理状況が計画時に設定されていたが、事業目標として「給水不足地域の給水事情が改善する。」が挙げられていたため、本事業の内容から目標を配水効率の改善、配水の地域・季節格差の解消と捉え、効果指標としてゾーン別給水人口、年間の水需要経緯を用い、有効性を評価しようとした。しかし、実施機関は関連データを管理していなかったため、ゾーン別給水人口の予測値、給水量、漏水率の計画値から配水効率を判断することにした。

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) ベオグラード市の給水事情の改善

1) ゾーン別給水量

ベオグラード市の給水人口は、2003年の131万9188人から、2011年の158万3857人に増え、2003年度比120.1%になった。給水量では、2004年を基準とした場合、2008年の全4ゾーンの日最大供給量は105.7%で、ゾーン1は116.6%、ゾーン2は110.5%とそれぞれ増加している。市全体の給水量が増加する一方で、ゾーン3とゾーン4は2004年比72.4%、79.7%と低下しており、依然として地域的な格差が存在していたことがわかる。しかし、本事業で2007年にSCADAシステムが、2008年以降に配水ポンプがそれぞれ導入され、全面的に稼働するようになった2011年の日最大供給量をみると、2011年の全4ゾーンの日最大供給量は2004年比97.9%まで下がり、ゾーン間の格差も縮小している。このことから、本事業により、配水効率が向上し、より少ない給水量で多くの給水人口を賄えるようになったといえる。

⁷ 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。

表1 ゾーン別日最大供給量

(単位：m³/日)

ゾーン	2004年(基準年)	2008年	基準年に対する 2008年の比率 (%)	2011年	基準年に対する 2011年の比率 (%)
1	381,165	444,532	116.6	397,804	104.4
2	240,332	265,603	110.5	248,128	103.2
3	143,697	104,052	72.4	104,975	73.1
4	20,499	16,337	79.7	17,916	87.4
計	785,693	830,524	105.7	768,823	97.9

出典：BVKが提出したデータをもとに、外部評価者が作成

ベオグラード市の給水人口は、前述の通り、2003年から2011年にかけて121.7%になった。最も給水人口が増えたのはゾーン1で、7年間で17万8874人増だった。最も高い伸び率を示したのはゾーン4で、2003年比213.3%と倍増した。ベオグラード市がゾーン4を中心とした郊外に向けて拡大し、人口が増加しているためである。BVKは、給水人口が倍増したにもかかわらず、日最大給水量を2004年の87.4%まで下げることができた理由を次の通り説明している。

計画時には高い高度のゾーン4へ配水するために、送水時に高水圧をかける必要があったため、給水人口に対して他のゾーンよりも大量に配水していた。例えば、2003年ごろゾーン1では一人当たり0.59 m³/日の給水があったのに対して、ゾーン4では0.83 m³/日も給水しなければならなかった。しかし、配水中継地に加圧ポンプを新設したので、高い水圧をかけて必要以上の水を送水する必要がなくなった。事後評価時にはゾーン4の2011年の一人当たり給水量は0.49 m³/日まで効率化された。

表2 ゾーン別給水人口

ゾーン	2003年(基準年)(人)	2011年*	基準年との比率
1	639,980	818,854	127.9%
2	403,520	513,169	127.1%
3	241,269	215,405	89.2%
4	17,082	36,429	213.3%
計	1,301,851	1,583,857	121.7%

出典：BVKが提出したデータをもとに、外部評価者が作成

* 2011年のゾーン別給水人口はBVKも正確な人数を把握していなかったため、2011年の全給水量に対するゾーン別の給水率から、各ゾーンの人口を想定することとした。

受益者への聞き取りでも、2009年以降、夏場も含めて常時断水は非常に少なくなったとの証言を得ている。以下の表3の通り、計画時に渇水と断水が問題になっていた住民のうち、ゾーン3では92.1%、ゾーン4では77%⁸が、水道水が持続的に供給されている

⁸ ゾーン4では23%の住民が断水の経験を述べているが、これらの回答者の地域では水道への違法接続のため水圧が非常に低いことが判明した。

と回答した。

表3 ゾーン3とゾーン4における水供給事情 (%)

受益者の回答	ゾーン3	ゾーン4
水供給は安定している	92.1	77
水供給は安定していない	7.9	23

出典：受益者調査結果

注：ゾーン3ではサンプル数76、ゾーン4ではサンプル数53を調査した結果を割合で表示している。

24時間給水に関しては、水道管の破裂や冬場の凍結による一時的な断水を除けば、常時貯水池の水が確保されていること、計画時には断水が問題になっていたゾーン3と4の住民への受益者調査の結果から水不足による給水制限は少なくなったといえるので、完全ではないものの、ほとんどの地域で事実上の24時間給水が実施されているといえる。

2) 給水量の季節変動

ベオグラード市全体では、7月から暑い季節が始まるため水の消費量が増え、8月が1260万m³/月と水消費量のピークとなっており、年間の最低需要である930万m³/月と比較すると135%に値する消費量にも対応できている。ゾーン1のみで見ただけでも同様に8月の水消費量がピークで620万m³となっており、消費量が最も少ない11月の370万m³と比較して167.6%の消費量に対応できている。

ベオグラード市の2011年の貯水池の月別平均貯水量をBVKが提出したデータより確認したところ、全ゾーンを通じて貯水量が0に近い数値を示している貯水池は見当たらず、1年を通じて渇水が起きていないことがわかった⁹。計画時には夏の渇水が最も顕著であったゾーン3と4での受益者調査の結果からも、水不足が発生しているという顕著な状況は見られないため、ベオグラード市の給水量は十分といえる。

表4 ゾーン別貯水池月平均残水量 (%)

ゾーン	月											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	61	64	59	60	62	63	56	63	59	60	54	55
2	70	70	69	68	69	68	57	55	54	56	65	67
3	60	61	59	56	59	52	50	52	52	55	52	52
4	71	71	67	67	68	66	63	66	65	64	64	68

出典：BVKが提出した資料より外部評価者が作成

3) 配水効率の改善と関連事業の影響

⁹ ゾーン2のPetlovo Brdoでは近隣の水道工事のため、2011年7月から10月にかけて、計画的に栓が閉められている結果、貯水量が減っているが、BVKは地域の渇水事情を示すものではないと説明した。

給水量の減少に対して、給水人口が増加している状況で十分な給水が可能になったのは、本事業の効果に加えて、KfWによる配水管の敷設替えによる漏水の軽減（計画値では33%→28%へ5%減）、BVKの自助努力による漏水率の低下も併せた複合的な効果によると考えられる。ゾーン4については、2003年から2011年の間に給水人口が213.3%になったのに反比例して、最大給水量は2004年の87.4%まで下がっている。

給水量に影響のある浄水場設計容量のデータは入手できなかったが、計画時より閉鎖された浄水場もなく、設計容量には変更はないと考える。事後評価時に建設中だったマキッシュII浄水場拡張事業もフランス開発庁と欧州復興開発銀行の支援により実施中であり、2012年末の稼働開始を目途に工事を進めている。マキッシュIIの完成時には、古くから稼働しているベレボドとビンチャの浄水場の閉鎖も計画されていた。しかし、BVKへの聞き取りによれば、ベオグラード市は拡大し続けており、給水地域と給水量は増え続ける見込みが高いため、これら両浄水場の閉鎖は当面延期される見込みである。

取水に関してもBVKや米国国際開発庁が実施したポンプの更新により、計画時に問題になっていたサバ川沿いに掘られた井戸からの取水量の低下は、軽減されている。BVKでは微量ながらもこれらの井戸から毎年の取水量減を観測しており、サバ川の表流水を取水するマキッシュIと、現在拡張中のマキッシュIIによって、十分な水供給を確保していく計画である。

(2) 水質検査精度の向上による水の安全性の変化

BVKの回答によれば、計画時と同様に、セルビアの上水道の水質を規定している法令FRY42/98に沿って、事後評価時でも水質検査は継続されている。事後評価時には物理科学（23項目）及び生物化学（7項目）で規定されている濁度、残留塩素量、含まれる鉱物の割合、細菌数など全ての基準を満たしていることを確認した。

本事業による機材の導入によって、実施前と比較した時に水質の向上が見られるわけではないが、検査効率と検査の精緻化が進み、水質検査の精度が向上し、水質が安定して検査できるようになったといえる。

3.2.2 定性的効果

定性的な効果として「施設稼働状況・配水状況が的確に把握でき、適切な施設運転・維持管理が可能になる。」ことが期待されていた。SCADAシステムの導入により、ベオグラード市内の複雑な水供給網をモニタリングし、市内各地の水圧を把握できるようになった。不足している箇所に加圧するための指示を出すことで、水圧不足も解消された。機材の維持管理についても、ポンプの稼働データから、維持管理部が遠隔でも必要な処置を予見し、故障前に部品の交換ができるようになった。例えば、同一ポンプステーションの中で、一定の水圧が確認できているにもかかわらず、通常よりも配水量が少ないポンプに関しては、モーターに異常がある可能性が指摘され、故障による停止が発生する前に検査と補修をすることができる。水質に関しては、各配水タンクの残留塩素を常時確認できるシステムが確立されたため、浄水場で適切な塩素量をこれまでよりも微細に調整できるようになった¹⁰。

¹⁰ ただし、本事業で調達した各貯水池の残留塩素量を確認する測定器の試薬が、調達プロセスの長期化に

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 上位目標の達成状況

上位目標「ベオグラード市において安全な飲料水が十分に供給される」の達成状況は次の通りである。

プロジェクト・デザイン・マトリクス (PDM) の指標では、目標の一人当たり給水量 240 L/日に対して、2011 年には 304 L/日¹¹まで増加しているうえ、24 時間給水も目標の 132 万人に対して 158 万人に達しており、上位目標の指標は達成したといえる。

(2) 生活環境の向上

前述の表 3 の通り、ゾーン 3 とゾーン 4 の 129 世帯を対象に実施した受益者調査の結果、夏場の渇水が問題になっていた両ゾーンでは、共に高い割合で給水が継続していることが確認できた。したがって、給水事情は改善され、住民も断水や渇水の影響を避けられるようになり、生活環境は向上したといえる。具体的には、夏場でも生活に必要な水が継続して得られるようになり、洗濯や食事の準備などに支障が軽減された。

(3) セルビア全土における給水事業の促進

計画時には、「セルビア国内での安全で十分な水の供給事業が促進される」ことが間接的効果として期待されていた。しかし、事後評価時点では、本事業と国内全土における給水事業の促進関係を示す事実は確認できなかった。人口規模ではセルビア第 2 の都市であるノビサド、およびニシュが SCADA システムの導入に興味を示しており、視察を受け入れた経緯がある。BVK への聞き取りによれば、ノビサドは資金不足により導入には至っていないが、ニシュは小規模ながら自己資金で簡易の給水監視システムを導入した。

3.3.2 その他、正負のインパクト

本事業は基本的に既存施設の改修であり、新たに土地を取得して施設を建設するものではなく、自然環境へのインパクト、住民移転・用地取得に関する負の効果は見られなかった。

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

日本側のアウトプットはほぼ計画通りだったが、セルビア側の負担事項である機材の据え付けが、事後評価時でも完了していなかった。セルビア側はこのほかの負担事項である変圧器や通信設備など (詳細は表 5 を参照) の機材は計画通り提供した。

より枯渇している場合があり、職員がマニュアルで検査せざるを得ない時期もある。

¹¹ 前述の通り事後評価時の漏水率を 28% と設定し、2011 年の浄水場からの平均配水量 423 L/日に有効配水率 72% (100%-漏水率 28%) をかけて算出した。

3.4.1.1 アウトプット一覧と実施結果

(1) 配水ポンプ場機器

ポンプステーション 23 (以下 PS-23、地域名スチューデンスキグラッド Studentski Grad) に予定された機材 (ポンプ 5 台、回転数制御装置 2 台、ソフトスターター 3 台、フラップゲート 5 台) の据え付けが、事後評価時点で完了していなかった。

機材の据え付けは、計画時よりセルビア側の負担事項である。BVK は老朽化したポンプの更新の必要性を認識しているものの、これまでベオグラード市政府の予算不足により設置ができていないと説明している。とくに、事業が完了した 2008 年から世界経済危機の影響を受けたセルビアも経済が停滞し、政府の財政支出も削減された結果、据え付けに必要な予算を配置されていない。2012 年度の予算では、PS-23 全体の改修として 1 億ディナール (約 8900 万円¹²) を計上したが、他に優先する事業もあるとの理由で、具体的な据え付け工事計画は決まっていない。人口増加が著しいゾーン 1 やゾーン 4 の水需要に対応するためにも、早期にこれらの給水ポンプを据え付け、さらに配水効率を上げ、給水能力を強化することが求められる。

① ポンプ

ポンプ場名	更新台数 (事業実施時)	更新台数 (完了時)	据え付け済み台数
PS-1a Bele Vode	3	3	3
PS-1b Bele Vode	4	4	4
PS-18 Tansmajan	4	4	4
PS-19 Bezania	3	3	3
PS-23 Studentski Grad	5	5	0 (未実施)
PS-17 Zvezdara	3	3	3
PS-20 Zeleznik	2	2	2
合計	24	24	19

出典：更新台数については JICA 提供資料より確認し、据え付け済み台数は外部評価者が現地調査で確認した。

② ポンプ場付帯機材

機材	更新台数 (事業実施時)	更新台数 (完了時)	据え付け済み台数
回転数制御装置	8 台	8 台	6 台**
ソフトスターター	16 台	16 台	12 台***
制御盤	7 面	0 台*	-
フラップゲート	23 基	23 基	18 基****
圧力発信機	75 式	75 式	75 式

出典：更新台数については JICA 提供資料より確認し、据え付け済み台数は外部評価者が現地調査で確認した。

* 制御盤はソフトスターターと回転数制御装置に組み込まれたため、アウトプット減とみなさない。

** PS-23 において、2 台の回転制御装置が据え付け未完了。

*** PS-23 において 3 台が据え付け未完了、PS-1a において 1 台が据え付け後取り外し。

**** PS-23 において、5 台が据え付け未完了。

¹² 1 ディナール ≒ 0.89 円で計算 (2012 年 6 月 20 日現地通貨レート)

機材は全て計画通り調達された。しかし、PS-23 でポンプが据え付けられていないため、付随している回転数制御装置 8 台のうち 2 台と、ソフトスターター16 台のうち 3 台が据え付けられないまま放置されている。また、ソフトスターター1 台は 2010 年に BVK が独自予算で購入した回転数制御装置と交換され、事後評価時には使われていなかった。ソフトスターターに比べて回転数制御装置は活用度が高く、計画時の 1 台では不足していたため 2 台目を追加購入したという。ソフトスターターはポンプが稼働を開始する際に急激な加圧によるポンプへの損傷を軽減する機能に特化しているのに対して、回転数制御装置はポンプの送水量を自由に調整できるため、配水量を調整でき事業の効率化に寄与できる。

取り外されたソフトスターターは、技術的には他のポンプステーションで転用が可能だが、事後評価時には具体的な転用の計画を BVK がもっておらず、用途は立っていない。

フラップゲートはポンプに合わせて設置されるもので、PS-23 で 5 台のポンプが未設置になっているため、併せて 5 基も未設置になっている。

③ 配水池用残留塩素分析計

(台)

機材	数量：事業実施時	数量：完了時	据え付け済み台数
残留塩素分析計	20	20	20

出典：調達された機材数については JICA 提供資料より確認し、据え付け済み台数は外部評価者が現地調査で確認した。

計画通り。

(2) 監視・制御・データ集積 (SCADA) システム

若干の変更はあったが、SCADA システム全体の機能に影響を与えるものではないため、計画通り一式の投入と据え付けをしたとみなす¹³。

(3) 水質試験機器

(台)

機器名	数量 (計画時)	数量 (完了時)
科学分析計		
原子吸光分析計	1	1
全有機体炭素分析装置	1	機材変更のため中止
紫外-可視吸収 分光装置	1	機材変更のため中止
イオンクロマトグラフ	-	1
微生物分析計		
加圧滅菌機 (オートクレイブ)	1	1
顕微鏡	1	1

出典：JICA 提供資料

計画時の全有機体炭素分析装置、紫外-可視吸収分光装置は水質検査室での必要性が非常に高く、事業実施前に BVK が独自予算での購入に踏み切ったため、前述の 2 機器に次いで

¹³ SCADA システムを構成する部品数が膨大であり、図表による表示を割愛する。

購入の必要性が高かったイオンクロマトグラフに変更された。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

以下の表 5 の通り、日本側の事業費は 88%で計画内に収まった。一方で、セルビア側の負担経費については、情報を入手することができなかった¹⁴。

表 5 事業費の差異分析

1) 日本側負担分	計画	実績	計画比
機材：配水ポンプ、モーター、インバータ他、SCADA システム、水質試験機器	1,094 百万円	952 百万円	87%
実施設計・施工管理	83 百万円	81 百万円	98%
合計	1,177 百万円	1,033 百万円	88%
2) セルビア側負担経費			
変圧器 (14 台)	EUR25 万	不明**	
通信設備、専用無線回線、アンテナ (1 式)	EUR4 万	不明	
据え付け用材料、ケーブル材料、ラダー、ラック	EUR20 万	不明	
合計	EUR49 万	不明	
合計円価*	66 百万円		

出典：JICA 提供資料

* 為替交換レート：EUR1=134.62 (2004 年 7 月)。

** 実施機関にセルビア側の支出金額について質問票で確認したところ、個別の費目について個々の金額を確認するのは会計制度上困難なため、提示できないとの説明がされた。

3.4.2.2 事業期間

日本側の事業期間は全体で計画どおりであった (計画比 100%)。一方でセルビア側の負担事項は事後評価時でも完了しておらず、計画を大幅に上回ることになる¹⁵。

表 6 業務期間の計画と実績

	計画	実績	計画比
I 期： SCADA システム の調達と据え付け	17.5 カ月*： 2005 年 9 月～2007 年 2 月	16 カ月： 2005 年 11 月 5 日**～2007 年 2 月 28 日	91%
II 期： 配水ポンプ類、水 質分析機器の調達	17.5 カ月： 2006 年 6 月～2007 年 12 月	14 カ月： 2006 年 12 月 28 日**～2008 年 2 月 28 日	80%
全体	28 カ月 (2 年 4 カ月)	28 カ月 (2 年 4 カ月)	100%

¹⁴ 事業費のサブレーティングとしては、計画内で収まった日本側を③とし、セルビア側を情報の欠如から判断不可とした。

¹⁵ 事業期間のサブレーティングとして、計画比 100%で収まった日本側を③とした一方で、事業を継続中のセルビア側を①とし、総合で②と判断した。

出典：JICA 提供資料

*基本設計調査時には I 期の工期を 20 カ月と想定していたが、開始時期がずれ込んだため、基本設計調査後の 2005 年 8 月に実施された事業化調査で 17.5 カ月に工期を短縮することとした。当初予定からの主な変更点は、SCADA システムの構築に必要な機材調達を I 期での実施に変更したことである。

**施工コンサルタントの契約締結日。

以上より、本事業は日本側の事業費及び事業期間については計画内に収まったものの、セルビア側の事業期間が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：②）

3.5.1 運営・維持管理の体制

BVK の組織体制は 2010 年に改編された。2011 年には職員数は 2594 人と計画時に比べて、531 人が削減されている。削減は基本的に定年退職による自然減と、新規採用の抑制によるところが大きい。BVK への聞き取りによれば、公社の特徴として、以前から多くの職員を抱えていたため、削減による人材不足はあまり見られないとのことである。SCADA システムの維持管理を委託されているコンサルタント会社にも管理者の質や人数に不足がないか意見を求めたところ、さしたる問題は見られないとの回答だった。

本事業で深い関係がある BVK のマキッシュ浄水場施設内に設置されている中央情報技術局には 16 人の職員が在籍しており、SCADA システムの中央管理室では、交代で 24 時間 SCADA システムを管理している。各ゾーンの計 4 カ所のコントロールセンターには各 5 人が配置されており、同じく交代制で 24 時間管理を実施している。両施設の関係者に職員不足の有無について意見を聞いたが、現状のオペレーションでは十分との回答を得た。

本事業で主な対象となった 7 カ所のポンプステーションでも職員数について十分か否かについて聞き取りをしたが、職員数が不足し問題が生じているという意見は聞かれなかった。

3.5.2 運営・維持管理の技術

(1) BVK や保守管理契約の業者への聞き取りによれば、中央と地域のコントロールセンターに所属する SCADA システムの管理者には、これまで導入後に退職した職員はいないとのことである。SCADA システムがいまだ障害による機能停止を経験していないことから、運営と維持管理に必要な職員の技術は、SCADA システムの導入時より上記の研修や日々の業務を経て段階的に上達し、これまでに維持管理には十分なレベルになっていることがうかがえる。

BVK への聞き取りによれば、今後、新たな人材を配置する場合にはベテラン職員による組織内の OJT が実施される。必要に応じて SCADA システムの維持管理契約を結ぶ業者から技術者が派遣され、研修を実施する計画である。

(2) 本事業の対象 7 ポンプステーションの管理者の一部に、管理者マニュアルの活用について聞き取りを行ったところ、マニュアルは全て保管されていることが確認され、必要に応じて参照している旨の証言を得た。ただし、管理者の業務は非常に単純化されており、

日々の業務でマニュアルを確認する機会はあまりないとのことである。

SCADA システムのプログラミングや電気回路など技術マニュアルに関しては、システムが継続的に発展しているため開発技術者は頻繁に参照しているとの証言が得られた。これらのマニュアルは機能の追加など、必要に応じて更新されているとのことである。

(3) SCADA システムの運用により各ポンプの稼働状況はつぶさにモニタリングできるようになったため、予防的な維持管理も容易にできるシステムになった。ただし、本事業の終了後 4 年しかたっていないため、ポンプに目立った故障は見られず、大規模な修理が必要な状況は、事後評価時までには発生していない。

本事業の対象外の旧型ポンプについては、不具合が発生するか発生が見込まれる場合には停止させ、予備ポンプの稼働に切り替えている。その際の対応能力についても、ポンプに関しては部品の調達も容易であり、職員の技術力も十分なので、大きな問題は見られないとのことである。

3.5.3 運営・維持管理の財務

(1) BVK の財務

表 7 BVK の財務

1999 年～2003 年

(100 万ディナール)

年	支出合計	収入合計	収支
1999	895	565	-330
2000	1,841	664	-1,177
2001	2,386	1,855	-531
2002	3,409	2,909	-500
2003	4,909	4,170	-739

2007 年～2010 年*

(100 万ディナール)

年	支出合計	収入合計	収支
2007	11,163	6,813	-4,350
2008	10,287	6,267	-4,020
2009	6,840	7,012	172
2010	7,181	7,226	45

出典：1999 年～2003 年のデータは JICA 提供資料より。2007 年～2010 年のデータは BVK のホームページより。

*2004 年から 2006 年の BVK の財務データは公表されていない。

表 7 の通り、事業実施前には BVK は恒常的に収支が赤字であった。しかし、2007 年、2008 年でそれまで蓄積していた有利子負債を清算し、2009 年以降は黒字に転じるまで財政は改善された。2011 年以降の情報は公開されていないが、BVK への聞き取りによれば少額の黒字ということである。

財政改善の理由としてひとつあげられるのは、人件費の抑制である。BVK への聞き取りによれば、職員数は 2007 年の 2869 人から 2012 年の 2594 人まで 275 人削減された。また、SCADA システムの導入による無駄のない給水、消費電力の少ないポンプへの更新などの維持管理費を削減し、給水エリアの拡大と無収水率の削減により収入を伸ばしている。

(2) 事後評価時の 2012 年予算には、PS-23 の据え付け費用として 1 億ディナール（約 8900 万円）の予算が BVK に計上されていた。しかし、1 億ディナールは用途を限定されていないため、予算計上がそのまま予算執行になるとは限らない。BVK が優先したい事業があれば、予算が流用される可能性もある。据え付けにこれだけ多くの費用がかかる理由は、据え付けに際して、ポンプステーションの電気系統や配管系統の改修など、付随する工事も多く含まれるからである。2012 年度も予算は計上されたが、支出の許可がベオグラード市より得られず、BVK も据え付け工事の具体的な予定は分からないと回答した。

財務状態は改善されてきているが、PS-23 に調達したポンプと制御機材が設置されていないなど、市政府の予算不足を理由に、必要な予算が配分されない課題もある。同市の予算不足の問題は、セルビア全土が 2008 年から影響を受けている経済危機とも関係しており、既存の調達した機材を据え付ける予算を過去 4 年間にわたり配分できなかったことから、将来発生する他の機材更新についても、予算不足により更新できない問題が生じる可能性はあると考える。

3.5.4 運営・維持管理の状況

(1) ISO9001 の国際規格¹⁶に沿って、調達された機材は維持管理されていることを確認した。具体的には、品質管理システムが国際標準化機構（ISO）で認められた規格に則して、マニュアルなどの作成により水質管理技術の継承、PDCA サイクル¹⁷での水道事業モニタリングによる事業の継続性などが改善されている。

BVK の説明によれば、維持管理計画も ISO9001 に沿って施設の更新と改修をモニタリングしている。ただし、PS-23 のように、耐用年数を越えても予算の都合により更新されないポンプも見られる。

(2) SCADA システムは自立的な発展を続けており、システム管理下に置かれる施設数、監視対象地域も拡大している。特に、モニタリングが可能な施設数は事業終了時の 159 施設から、事後評価時の 234 施設まで飛躍的に増加した。これは、調達した基本システムを BVK が積極的に活用し、自立発展的に拡大している好事例である。

(3) 維持管理に関連して問題が見られた機材は、水質検査機材のオートクレイブのみである。メーカーの代理店が現地にあるものの、小さな部品でも納品するのに非常に多くの手間と時間がかかり、スペアパーツが入手しづらいとのことである。事後評価時にも実際に一部の部品に不具合が見られたが、接着剤で応急処置がされていた（以下の写真を参照）。

¹⁶ 国際標準化機構が定めるサービスを提供するシステムを管理する規格。

¹⁷ Plan（計画）、Do（実行）、Check（評価）、Action（改善）サイクルの略称。生産管理や品質管理などの管理業務を円滑に進める手法の一つである。

その他の機材については全て現地に代理店があり、スペアパーツの入手も容易であり、保守管理の問題は見られないとの回答があった。

貯水池の残留塩素濃度を測定する機材には、測定用の薬剤が使われる。この薬剤は消耗品であり、定期的に補充が必要となっている。しかし、薬剤の入手には入札の手続きを経るため多くの時間を必要とし、不定期に薬剤が枯渇する問題が発生している。事後評価時には薬剤が枯渇しており、機材は稼働を停止していた。測定器の停止時には、職員が貯水池を訪問し、持参する水質検査キットを用いて測定を実施する。現地で修理の部品が入手しづらいことや消耗品が入手できずに停止するのは問題であり、計画段階で配慮されるべきである。



SCADA システムの管理画面



応急処置をしたオートクレイブ

以上より、本事業の維持管理は財務状況に軽度な問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、SCADA システム、配水ポンプと制御装置、水質検査機器を、日本の支援でセルビア共和国の BVK が調達することにより、市内の既存上水施設の適切な施設運転・維持管理を図るとともに、市内の水不足地域の給水事情を改善し、ベオグラード市の安全で安定的な飲料水供給に寄与することを目的として実施された。本事業はベオグラード市の開発政策、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。計画時の課題であった市全体の夏場の渇水と、標高の高いゾーン 3 と 4 の恒常的な水不足は、本事業の効果に加えて、他ドナーと BVK の自助努力の成果もあり、ほぼ解消されており、有効性・インパクトも高い。一方で、セルビアの負担事項である調達されたポンプの据え付けが完了していない。日本側の負担事項は事業費、事業期間ともに計画内におさまったものの、セルビア側の負担事項については計画を大幅に上回ることになるため、効率性は中程度である。BVK が SCADA システムを自立的に発展させるなど技術面では概ね良好だが、ベオグラード市が据え付け費用を計画通り執行できず、財務面に一部課題が見られることから、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

(1) PS-1a では、BVK が独自の予算で購入した回転数制御装置と本事業で調達されたソフトスターターが交換されたため、調達された機材が取り外された。取り外されたソフトスターターは倉庫で保管されており、事後評価時には活用されていなかった。ソフトスターターはポンプが稼働を開始する際に、急速な加圧によるポンプへのダメージを緩衝するために有効な機材である。技術的に、取り外されたソフトスターターを他のポンプで転用することは可能である。ベオグラード市内ではいまだに旧型のポンプを使っているポンプステーションもあり、ソフトスターターを導入すれば稼働開始時にかかるポンプへの負荷軽減が期待できるので、速やかに据え付け可能なポンプを特定し再利用すべきである。

(2) PS-23 では、本事業で調達したポンプ 5 台、回転数制御装置 2 台、ソフトスターター 3 台の据え付けが完了していない。これらの機材が設置されれば、PS-23 周辺地域の配水量をモニタリングしながら、特に人口が急増しているゾーン 1 や 4 に対してより効率的な配水ができるようになるうえ、使用中の旧型機材に比べれば維持管理も容易になることが期待される。ベオグラード市政府と BVK の間の予算執行の問題であり、予算が確保されても執行されない問題が続いている。また、機材の放置が長くなれば故障の発生も考えられ、据え付け時に修理のための追加予算が必要になる可能性もある。この据え付け工事が実施されないため、本事業が完了していないことを真摯に捉え、また追加費用の発生を防ぐため、据え付けをできる限り早くすべきである。

4.2.2 JICA への提言

据え付けが完了していない PS-23 の機材については、今後もフォローすべきである。据え付けが完了すれば、効率性の高い配水、電力消費量の節約、故障頻度の低下によるコスト減が見込まれる。

4.3 教訓

(1) 無償資金協力事業では、日本側と先方実施機関側で担当業務を分けて実施するが、先方実施機関の実施能力を過大評価した結果、先方の担当業務が予定通り実施されない場合がある。本事業の場合、機材の据え付けを先方の負担事項としたが、据え付けに付随する工事として電気系統の改修やパイプの交換など、PS-23 の場合、据え付けに必要な予算は 1 億ディナール（約 8900 万円）にも達している。先方実施機関のオーナーシップ増進のため、先方の負担事項を定めるアプローチは適切であると考えるが、負担事項が予算面と技術面から実施可能かどうか、計画段階で慎重に審査すべきである。さらに、案件の実施中から折に触れて先方の負担事項についても進捗を確認するように心がけ、事業が完了した箇所から順次引き渡しをするなど、支援側も共に事業を完了する姿勢を維持すべきである。

(2) 本事業の事業目標として「給水不足地域の給水事情が改善する。」が挙げられたが、具体的な目標は設定されていなかった。本事業で調達した機材を用いて配水効率が向上し

た結果、配水の地域及び季節間格差が改善され、事業目標が達成されたと考える。一方で、実施機関は特にポンプの更新に関しては、維持管理費や消費電力費が削減されたことを重視した一方で、配水効率の向上には配慮が少なかったため関連する指標を確認しておらず、本事後評価の制約となった。

実施機関とドナー間で事業目標の解釈が異なると、評価に必要なデータが手に入らず、評価結果に支障が生じる。また、事業目標に対する認識も異なるという問題も起きる。実施機関にとっても、事業効果を正確に把握できる手段をもつことは重要である。今後は、事業目標が関係者間で適切に共有されるよう、計画時から確認をとりながら、事業を実施すべきである。

以上