

2-1-4 既存の施設・機材

(1) 取水施設

現在の上水道水源は、地下水が約 60%、サバ川およびドナウ川の表流水が約 40%である。ただし、ドナウ川からの取水は 1%に満たない。地下水は主として河川の伏流水であり、河川の汚染とともに河床の堆積物による集水管の詰まりにより取水率は年々減少している。そのために、原水は地下水の減少分を表流水で補っている。表 2-5 に井戸 1 本当たり平均揚水量の経年変化を示す。

表 2-5 取水井戸数と 1 本当たり揚水量

年度	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2003
井戸本数	6	14	26	38	55	83	93	96	97	99
揚水量 (L/s)	182	158	115	115	92	69	54	52	56	51

(資料：予備調査、上水道整備計画)

地下水の取水方法は、サバ川沿いの地質特性から浅井戸（川からの伏流水）を採用している。図 2-5 に示す地質図のとおり、地下 30～50m に粘土層がありその上が、ほぼ地表まで砂礫層となっている。井戸の構造はコンクリート製の 3～5m 口径の大口径井筒の側壁から集水多孔管（長さ 30～80m 程度）を 20m～30m の長さで川底に沿って出している。開発者の名前をとって Ranney Well と呼ばれるものである。

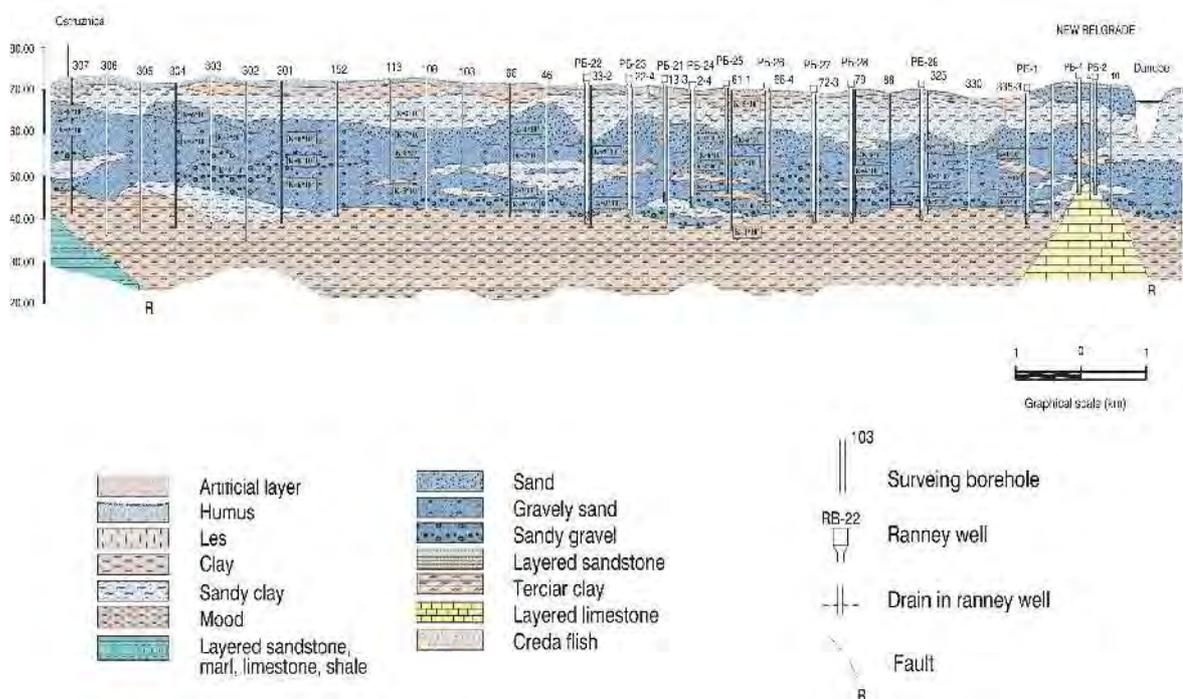


図 2-5 サバ川流域の地質図

現在 99 本の Ranney well がサバ川沿いの延長約 40km の区間および中州に設置されている。表 2-6 に全ての取水井の設置状況を示す、また、図 2-6 に井戸の設置場所を示す。

表 2-6 浄水場に連結している取水井戸

浄水場	井戸位置と本数			井戸計 (本)	現在の取水量 (m ³ /s)
	左岸	右岸	中州		
Bele Bode	0	5 (3)	0	5 (3)	0.4
Banovo Brdo	8 (4)	14 (7)	20 (14)	42 (25)	2.7
Bezanija	52 (21)	0	0	52 (21)	1.9
計	60 (25)	19 (10)	20 (14)	99 (49)	5.0

(資料: BVK)

注) () 内の数字は今回要請のあったポンプ

Ranney Well での取水が困難と思われる地点には、複数の Tubewell (縦型井戸: 4~5 l/s/well) を設けて、一番近くの Ranney Well に連結し取水量の増加を図っている。Tube Well は全部で 47 本ある。BVK では井戸開発のスペースはもはや限界である、今後は表流水を前処理した後、地下に浸透させ、自然浄化し、それを水源として利用する構想、人工的な地下水涵養策、の検討を将来の課題として考えている。

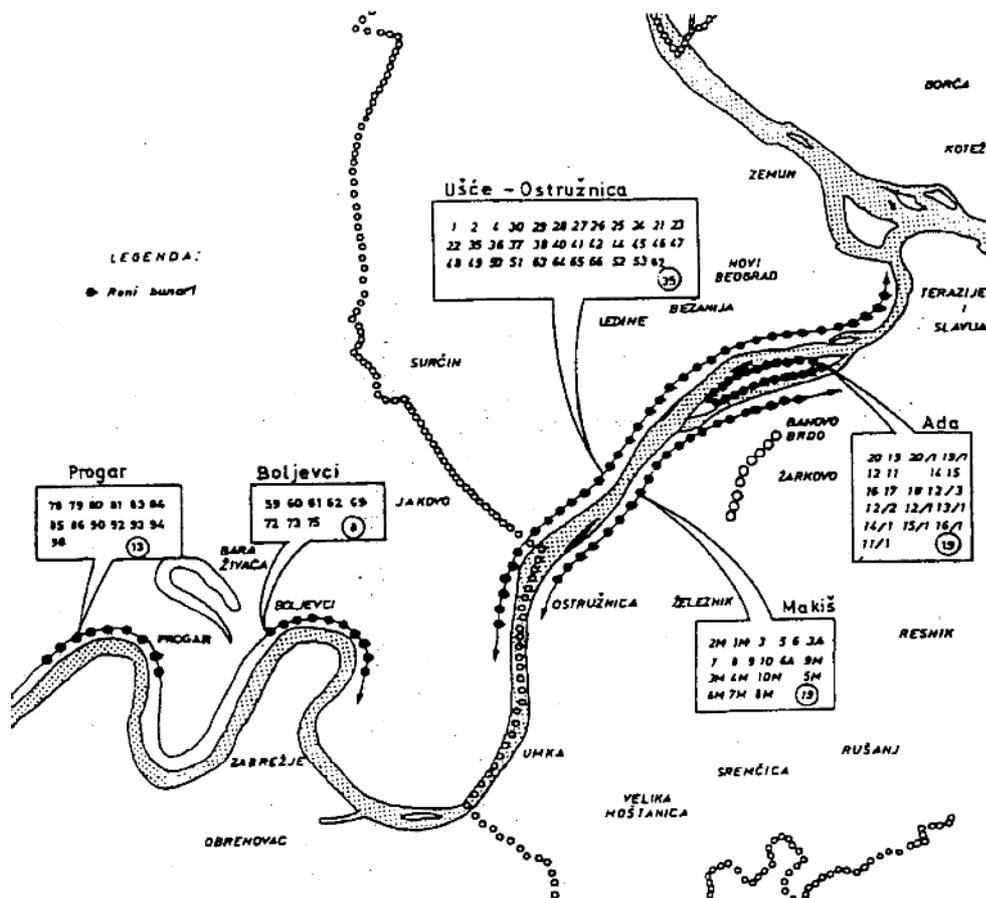


図 2-6 取水井戸の位置

既存の取水井戸の取水容量は年々低下している。図 2-7 に示すとおり、1988 年の 6.9m³/s のピーク値以降、ポンプの数は増加させたが取水量は減少の一途をたどって、2004 年には 5.0m³/s となっている。取水量減少の理由は以下の通りと考えられる。

- ① 地下水（伏流水）は、サバ川からの浸透によるものが約 95% であるが、河川水汚染による堆積物の増加に伴い河床面が詰まり、浸透量が減少し集水能力が下がってきている。
- ② 過去 10 年間集水多孔管の更新をしていないので目詰まりや管の腐食が起きている。

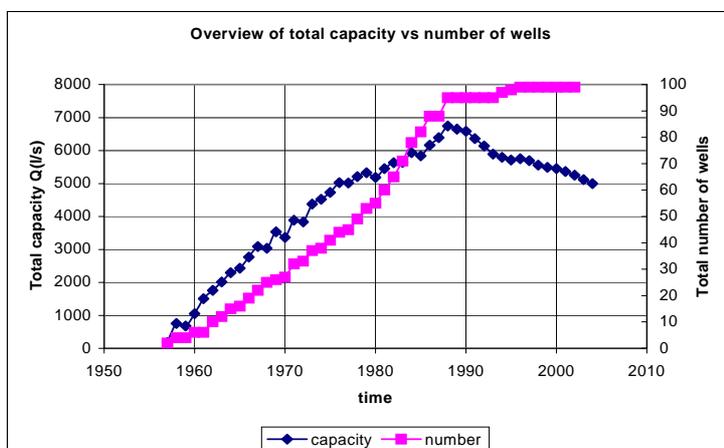


図 2-7 取水量の経年変化

BVK では 2005 年度に 8 基の Ranney Well の集水管を更新する計画であり、以降、将来にわたり集水多孔管の更新を毎年継続していく計画をもっている。

取水ポンプは水中ポンプであり、ポンプ井の水位低下によりサクシジョン口より下に水位が下がることがあり、ポンプの空運転がおこる。この結果、モーターが焼けきれる事故が過去には多数あった。しかし、2001 年頃より、BVK は周波数による回転数制御機器を順次ポンプに付け、水位の降下と自動的に連動させてポンプの回転数を制御した所、井戸の水位降下に関連する事故は減少している。表 2-7 に取水ポンプの経年での故障回数を示す。

表 2-7 取水ポンプの経年故障回数

年 度	2001	2002	2003	2004
故障回数	29	26	17	5*

(出典：BVK メンテナンス工場、2004 年)

注) *2004 年 1 月から 6 月までの半年分を示す。

取水ポンプの故障は、異常振動、軸受けに砂が入る等の原因により起こっており、BVK 本部で把握している故障回数は 2004 年 4 月と 5 月の 2 ヶ月間で合計 11 件起こり、この故障でポンプが停止した日数は延べ 274 日である。この日数による損失水量は、全体取水水量に対し 5% である。また停電による損失水量は 6 月の実績値から電源系列から 4 系列 21 台のポンプに起きている。また、停電によるポンプ停止期間中の損失水量は設計水量に対し 0.63% である。合計するとこれらの故障によるロス合計は全体取水水量に対し 5.63% である。

表流水は各浄水場の近くのサバ川、ドナウ川より直接取水している。各河川の平均流量はサバ川(1,500 m³/s)、ドナウ川(3,000 m³/s)とも多く、渇水期でも十分な取水量があり、取水不足となることはない。また、水利権も市が所有しており管理上の問題は発生していない。

各浄水場のうち Bele Vode 浄水場は 1892 年建設で建設後 100 年を経過している以外は建設 20 年以内と比較的新しく建設されたものである。表流水からの取水ポンプも比較的新しく、また、予備ポンプを備えているものが多い。表 2-8 に各浄水場の設計取水量を示す。

表 2-8 浄水場取水量

浄水場	取水河川	取水量(L/sec)*	浄水場生産量(L/sec)**
Bele Vode	サバ川	550	500
Makis	サバ川	2,200	2,000
Jezero	サバ川	1,100	1,000
Vinca	ドナウ川	100	80
合計		3,950	3,580

注) * 設計取水量には浄水場内での洗浄水、薬品希釈水等の使用量が生産水量の 10%含まれている。

** 浄水場生産水量とは浄水場出口側の浄水量を示す。

よって、地下水と表流水を合わせた合計取水量（設計水量）は以下の通りである。

地下水：432,000 m³/d（5.0 m³/s）

表流水：341,280 m³/d（3,950 L/s）

合計設計水量＝地下水＋表流水＝432,000 m³/d＋341,280 m³/d＝773,280 m³/d

また、実稼動取水量は上記合計設計水量から地下水のロス水量 24,192 m³/d（5.6%）を引くと 749,088 m³/d である。

原水が地下水と表流水の水質は地下水の方が良く、浄水場での薬品代の軽減から維持管理費が安くてすむ。しかし、地下水の井戸掘削場所に限界があるために表流水から補填しているのが現状である。また、表流水は年々下水や雑排水などにより、河川の汚染が広がっている。これらの汚染物質を含む汚泥の堆積によって地下水（伏流水）の浸透率が減少する原因となっている。取水量の増加を図るために、河川の浄化が必要である。EU 基準からも既存下水道システムに処理場を設置する必要がある。

(2) 浄水処理施設

現在 6 カ所の浄水場で地下水と表流水を処理している。主として地下水は鉄、表流水は濁度の除去を目的としている。

最近建設されたマキシユ浄水場は、高度処理施設を導入し、異臭味やトリハロメタン

等表流水の汚染に対処できるシステムとなっている。イエゼロ浄水場は 2001 年に改修が終わり新設のマキシユと共に最新の高度処理システムを有している、そして、操作は浄水場内中央管理室から遠隔操作ができるシステムとなっている。その他の浄水場はろ過池のみ各現場でのろ過池操作台方式による遠隔操作である。水量、圧力、ろ過池洗浄工程等のデータは浄水場の管理室で監視できるシステムとなっている。

現在建設中のマキシユ II の新浄水場ができれば、最近、原水の汚濁が激しく高度処理設備を持たないベレボデ（設計値 500L/sec）とビンチャ（80L/sec）浄水場の処理が中止される予定である。「セ」国では、水質および経費面から、地下水を原水とするのが原則となっているが、ベオグラード市の場合、地下水の開発が限界となり表流水も使用している。

地下水を水源とする浄水場の稼働率は設計当初の容量に対し約 70%である。これは処理施設の機能低下によるものでなく以下の理由によるものである。

- ① 当初の浄水場の設計規模は旧ユーゴスラビアの首都としての人口および商工業の全盛時代を背景とし設計されたものであり、商工業の衰退と紛争による人口流出により水需要が落ち込んだ（現在では人口が再び増加している）。
- ② 可能取水量が年々減少し設計当初の浄水場容量との差が大きくなってしまった。

水質問題は年々原水の汚濁がはげしくなることから、水源の水質保全対策、浄水プロセスのグレードアップを「上水道施設整備計画：2004 年」で目標として挙げている。

表 2-9 に浄水場の概要を示す。

表 2-9 浄水場の概要

浄水場	設計容量 (l/s)	稼働容量 (l/s)	水源	建設年	処理プロセス	備考
Bele Vode	600 500	450 400	地下水 表流水	1892 1940	エアレーション急速ろ過、塩素滅菌	Makis II 完成後、表流水処理施設は廃止
Banoro Brdo	4,200	2,600	地下水	1962 1966 1974	エアレーション急速ろ過、塩素滅菌	
Bazanija	3,200	2,000	地下水	1967 1972 1985	エアレーション急速ろ過、塩素滅菌	
Makis I	2,000	2,000	表流水	1987	前オゾン処理、凝集沈殿、砂ろ過オゾン処理、活性炭ろ過、塩素滅菌、排水処理	Makis II 2000 l/s を現在 EBRD 融資により設計中
Jezero	1,000	900	表流水	1998	マキシユ I に同じ	
Vinca	80	60	表流水	1931	凝集沈殿、急速ろ過、塩素滅菌	Makis II 完成後廃止
合計 (L/s) (m ³ /d)	11,580 (1,000,512)	8,410 (726,624)				

(資料：JICA 予備調査報告書、2004 年)

(3) 配水施設

ベオグラード市の地形はドナウ、サバの両河川の氾濫原である沖積平野と丘陵地帯で構成されている。高低差がある地形から、配水計画、配水区域を標高別に4つのゾーンに分けて、それぞれに必要な配水ポンプ、配水池等を設置している。過去、拡大してきた配水区域の水需要増をカバーしようとして、計画性のないままに配水施設を継ぎ足してきた結果、施設数が多くなり、配水システムは複雑で区域内での流量、水圧が調節できないものとなっている。需要者への接続も、配水ポンプから直接高層ビルに接続しているために、平屋、低層ビルを受給者には必要以上の水圧で給水している、その結果、管内圧力が高く、古い管の漏水の一因ともなっている。図 2-10 に各ゾーンの年間配水量を示す。また、図 2-8 に配水管のゾーン別敷設状況を示す。

表 2-10 各ゾーンへの配水量 (2003 年)

(配水量単位 (1,000 m³/年))

ZONE	I	II	III	IV	合計
標高(m)	75~125	125~175	175~225	225~310	—
水需要量	114,349	72,099	43,109	6,149	235,706
比率 (%)	48.5	30.6	18.3	2.6	100

(出典：BVK 本部、2004 年)

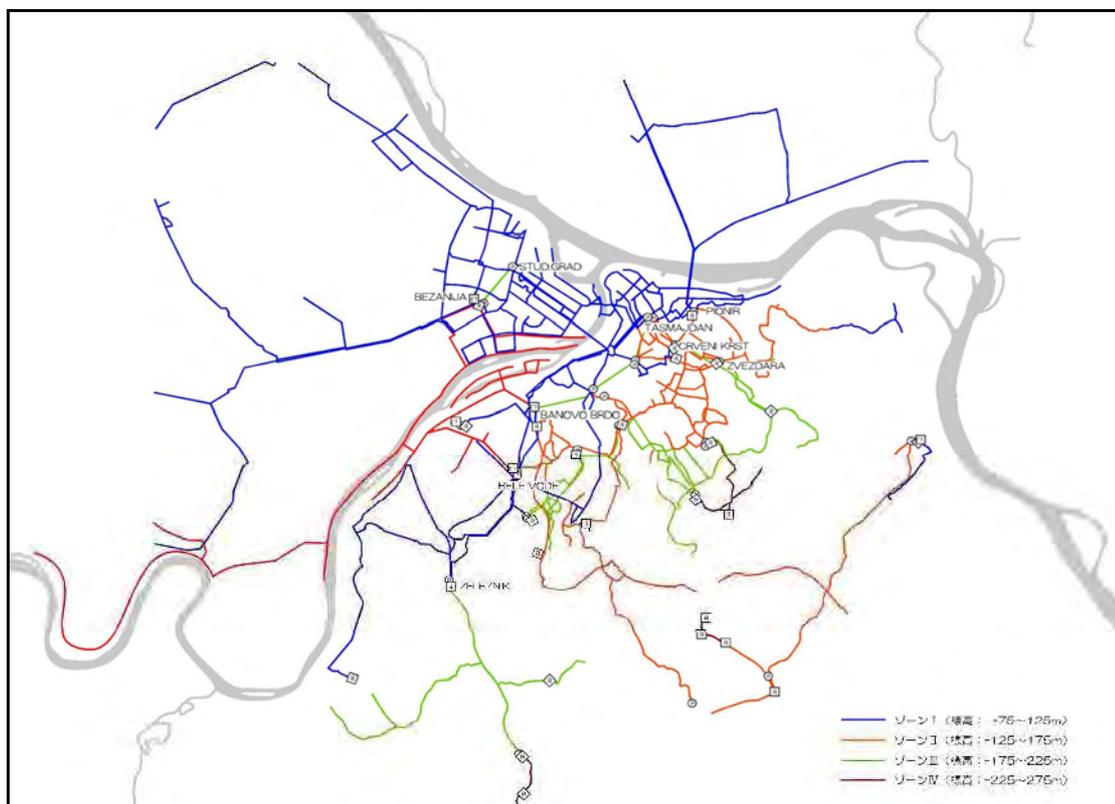


図 2-8 ゾーン別配水管

現在、ゾーン I、III では配管を延長し給水区域の拡張が行われている。

配水ポンプ場は 33 箇所あり、最も古い施設は 1932 年に建設されたもので、多くは 1960 年代および 1980 年代に設置されており、ポンプの一般的な寿命である 30 年を越えるものが多い。そのため故障の頻度が高い。最近の故障データとして 2004 年の 5 月～7 月までの 3 ヶ月間で 82 回も電気系統や機械系統の故障でポンプが停止している。ポンプの維持管理チームは旋盤等加工機械を持ち、既に新規部品の調達ができない旧式ポンプの補修にあたっているが設計通りの正常な効率と稼働率を期待できる状態ではない。図 2-9 に配水システムダイアグラムとポンプ場を示す。

配水ポンプ場の中で、浄水場より揚水するポンプ場が 12 箇所あり第 1 段ポンプ場群となり、全体設計水量は 1,110,000 m³/d である。そして、第 1 段ポンプ場から第 2、3、4 段ポンプ場を経由し各ゾーンに配水される。第 1 段ポンプ群は浄水場から揚水するポンプ群であり最も重要な位置にある。

第 1 段のポンプ群の中には、1940 年代から 1970 年代以降のポンプが混在している。BVK の調査より、1970 年以前のポンプ水量は約 30%減であり、1970 年代は 20%減と推定された。ポンプの合計容量が 1970 年以降と以前で約 50%の割合となる。これらの条件よりポンプ効率低下による損失水量は合計設計水量の約 25%減である。ポンプ効率低下の理由は以下の通り考えられる。

- 一例として、1970 年以前のポンプ効率が 30%低下した理由として、建設当初の設計ではポンプの並列運転での合成曲線上 (Q-H カーブ) の最適効率点で運転されていたが、Lipovica 地区等への給水地域の拡張により配水管が延長され、配管の摩擦ロスなどが当初設計時より高くなり、それによって全揚程が高くなってしまった。揚程変更時点でポンプの更新をしていないために、Q-H カーブ上の運転点が代わり、必要揚程を確保するために流量が低下したと思われる。
- 図 2-10 に 1940 年代に建設された PS-1a Bele vode ポンプの管ロスと水量変化を示す。図中「③ 3 Pumps in Operation」は 3 台運転の時のポンプ合成曲線であり、ポンプを更新していないためにこの曲線は変化しない。管路の延長などで管ロスが「④ Original Pipeline Loss Curve」の曲線から「⑤ Actual Pipeline Loss Curve」の曲線に変化したと仮定すると、運転点が図中「① Original Required Capacity」から「② Actual Pump Capacity」に変更され、それによって約 30%の水量が減少したものである。1970 年代以降のポンプは比較的最適運転点に近い所で運転されている可能性があり、20%程度と考えられる。

以上のことから、25%のポンプ効率低下は妥当と考えられる。

また、ポンプの老朽化によって、モーターの焼け切れ、軸のブレ等の故障が発生している。BVK のデータで 2004 年 5～7 月の 3 ヶ月間の故障によるポンプ停止期間の損失水量は 19,834,503m³であった。特に 1970 年以前のポンプ全 74 台中 38 台と 50%を超える率であり故障回数も多い。これらの水量は全体水量に対し 14%と見込まれる。

よって、第 1 段ポンプ設計水量 1,110,000 m³/d は 25%の効率低下と、その後、故障によるロスで 14%の水量が減じられ実稼動吐水量は 716,000 m³/d となる。

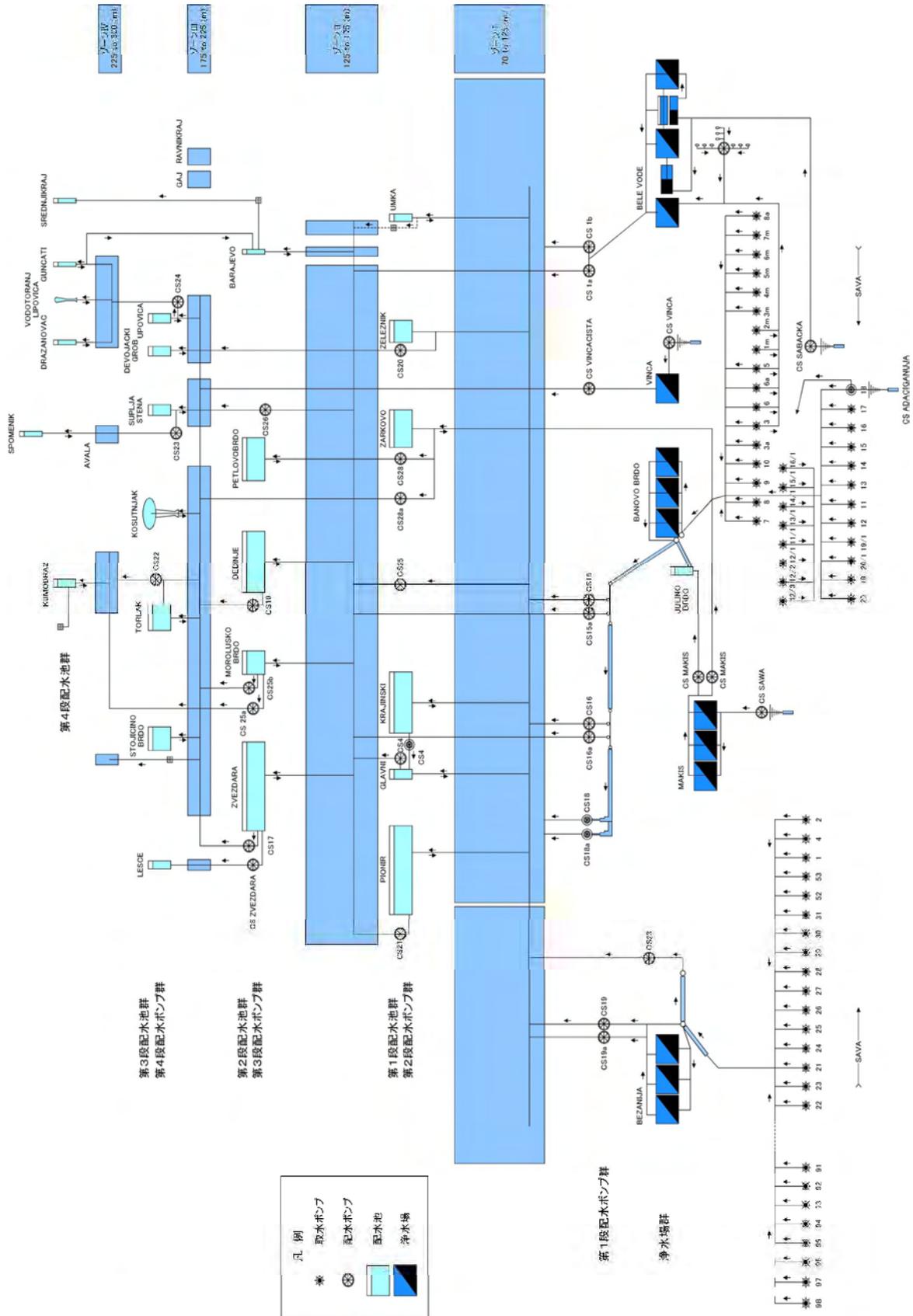
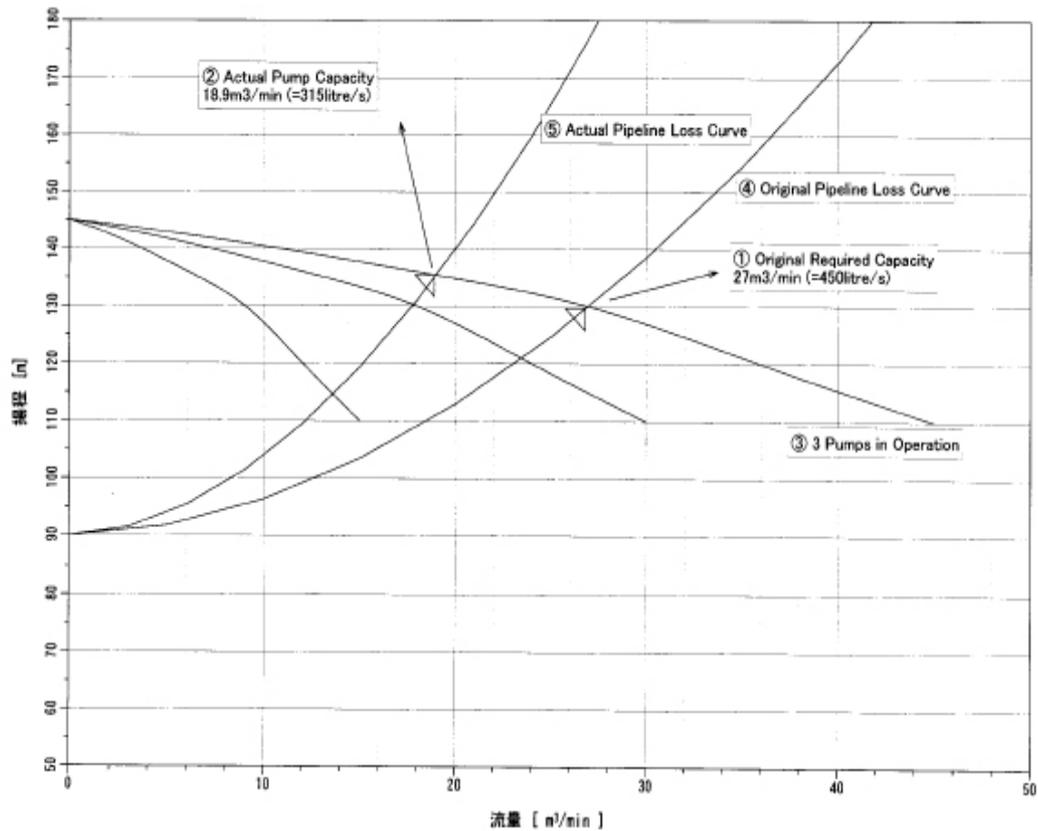


図 2-9 既存給水施設概念図



- 注：① Original Required Capacity : 設計時での運転点
 ② Actual Pump Capacity : 現状のポンプ運転点
 ③ 3 Pumps in Operation : ポンプ3台運転の場合の合成性能曲線
 ④ Original Pipeline Loss Curve : 設計時のポンプ吐出側配管ロス
 ⑤ Actual Pipeline Loss Curve : 現状のポンプ吐出側配管ロス

図 2-10 揚程と水量の変化曲線

配水管網の総延長は 約 2,600km である。管種としては、鋳鉄管と亜鉛メッキ鋼管がほとんどである。最近になって経済的見地から小口径管に塩化ビニル管が用いられるようになった。問題は継ぎ手部分の耐圧性が低く、発癌性が問題とされるアスベスト管がまだ全体の 15%程度残っている点で、BVK では材質の変更を実施しているところである。

表 2-11 既設パイプの経過年

経過年	延長 (km)	(%)
10 年未満	425.2	16.0
10 年～20 年	555.8	20.9
20 年～30 年	551.9	20.8
30 年～40 年	644.7	24.3
40 年～50 年	236.6	8.9
50 年～100 年	240.3	9.1
計	2,654.5	100.0

(資料：BVK メンテナンス部、2004 年)

現在無収水の比率が 33%と高いが、多くが漏水によるものとされている。無収水改善計画を実施している KfW の見積りでは、老朽管 1,000km の敷設替えが必要となっている。表の経過年数で 30 年～40 年の半分と 40 年以上の延長をあわせた数字にほぼ匹敵する。不法接続も無収水の増大原因であり、KfW の話では 2002 年以降 10,000 件以上の不法接続が解消された。計画では、無収水率の目標値を 28%としている。

水使用の時間変動に対応し、停電、上流施設の事故による断水等に備えて配水池の容量（日本では日最大量の 12 時間分が標準：水道施設設計指針）をとる必要がある。施設は日最大に対し 5.0～9.3 時間程度である。特に比較的大きい配水区 ZONE I と ZONE II で 5～6 時間であるが上流側施設に異常が起きた場合には対応ができない。

表 2-12 ゾーン別配水池容量

ゾーン	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	Total
配水タンク容量 (m ³)	95,132	91,375	29,467	5,750	221,724
配水量 (m ³ /日)	313,286	197,533	118,107	16,848	645,774
貯留時間 (時間)	6.1	9.3	5.0	6.8	6.9

注) 貯留時間は配水量を日最大(日平均×1.2)に換算して算定した。

(4) 水質試験機器

飲料水に係わる水質管理業務は以下の 2 つに大別される。

① 浄水処理の管理

浄水場内の水質試験室において、浄水処理の各過程および処理水を対象に物理化学項目について 24 時間体制で分析を行う。

② 飲料水質の管理

マキシユ浄水場内の中央水質試験室において、飲料水、原水を対象に物理化学項目、微生物項目、生物項目について分析を行う。

飲料水は、市内に点在する約 160 箇所の採水地点から採水する。市内を 16 区画に分割し、1 日 2 区画分の採水、分析を行っている。配水池についても週 1 回の分析を行っている。

分析項目

「Regulation on Sanitary Requirement for Potable Water (Official Gazette of FRY, 42/98)」にて規定されているセルビア・モンテネグロ国の飲料水に関する水質分析項目を下表に示す。

表 2-13 飲料水水質試験の分析項目

物理化学項目 (常時監視項目)	物理化学項目、定期的監視項目	生物化学項目
<ul style="list-style-type: none"> ● 温度 ● 色度 ● 臭気 ● 味 ● 濁度 ● pH ● 過マンガン酸消費量 ● 塩素イオン ● 塩化物 ● アンモニア ● 亜硝酸 ● 硝酸 ● 残留農薬 ● 電気伝導度 ● 鉄 ● マンガン ● 特定検出物 	<ul style="list-style-type: none"> ● 温度・色度 ● 臭気 ● 味 ● 濁度 ● pH ● 過マンガン酸消費量 ● 塩素イオン ● 塩化物 ● アンモニア ● 亜硝酸 ● 硝酸 ● 残留農薬 ● 電気伝導度 ● 鉄 ● マンガン ● 特定検出物 ● フッ素 ● 洗剤 ● フェノール ● 残留アルミ ● 天然油 ● M)トリハロメタン ● 溶存酸素 	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般細菌 ● 大腸菌 ● 好気性菌 ● 連鎖球菌 ● クロストリジウム ● 蛋白質分解酵素 ● 腸内寄生虫

(出典：Water Quality Control Department, BVK)

BVK 水質管理部は原子吸光分光光度計やガスクロマトグラフなど高度な分析機器の取扱いに長い経験を有しており、既存の機器を修理し丁寧に使用し続けている。また、ベオグラード市内には水質試験機器の取扱店が存在し、交換部品の調達や技術サポートについて支障はない。本案件によって買い替えが計画されている既存の水質試験・分析機器の状態は以下の通りである。故障機器の多くは大変古く、製造中止などのため交換部品が調達できず修理もできない状況にある。

表 2-14 既存の水質分析機器の状態

<p>機材名 : 紫外可視分光光度計 型番 : Lambda 15 製造年 : 1987 年 製造者 : Perkin-Elmer (米国) 状態 : 使用不能。分析結果が不安定。モニター故障。交換部品が製造されておらず入手不可。</p>	
<p>機材名 : 赤外分光光度計 型番 : 197 製造年 : 1978 年 製造者 : Perkin-Elmer (米国) 状態 : 使用不能。交換部品が製造されておらず入手できない。</p>	
<p>機材名 : 原子吸光分光光度計 型番 : 460 製造年 : 1977 年 製造者 : Perkin-Elmer (米国) 状態 : 使用不能。交換部品が製造されておらず入手できない。</p>	
<p>機材名 : ガスクロマトグラフ 型番 : 3920B 製造年 : 1977 年 製造者 : Perkin-Elmer (米国) 状態 : 使用不能。プログラミング不能。プリンター故障</p>	

機材名 : ガスクロマトグラフ
型番 : 8700
製造年 : 1990年
製造者 : Perkin-Elmer (米国)
状態 : 使用不能。カラムの加圧が不能。モニター故障。



機材名 : 全有機炭素計
型番 : 915-B
製造年 : 1986年
製造者 : Beckman (米国)
状態 : 使用不能。検出器故障。交換部品が製造されておらず入手できない。



機材名 : オートクレーブ
型番 : -
製造年 : 1974年
製造者 : Sutjeska
状態 : 使用不能。圧力、温度調整不能



機材名 : 顕微鏡
型番 : -
製造年 : 1963年(左)、1978年(右)
製造者 : Carl Zeiss (旧東ドイツ)
状態 : 使用不能。



2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

ベオグラード市の街路は車道、歩道ともよく整備されていて、統計年報によると車道の道路面積 7.7 百万 ha に対し歩道は約半分の 3.4 百万 ha (2002 年値)となっているので、ほとんどの道路には歩道がある。水道管および下水道管は歩道に埋設されていて、水道普及率 84%に対し、下水道は 65% (但し、終末処理場なし) である。電力供給線は全延長の 46%は地下埋設ケーブルで、災害等に強い構造となっている。

2-2-2 自然条件

(1) 位置・面積

ベオグラード市はサバ川とドナウ川の合流点にあり、位置は北緯 44° 49' 14"、東経 20° 27' 44" となる。日本では緯度で見ると、北海道の名寄付近にあたる。ドナウ川が 60km、サバ川が 30km 貫流していて、川を中心として発展してきた様うかがえる。市全体の面積は 3,222.68km² で東京都の約 1.5 倍ある。

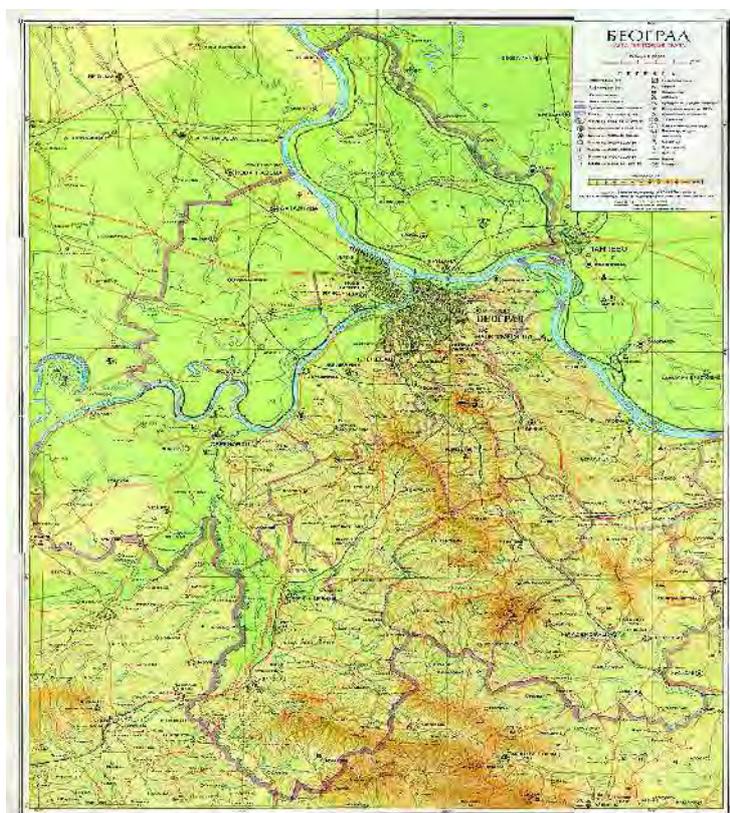


図 2-11 ベオグラードの地形

(2) 地形

ベオグラード市の一部は、サバ川、ドナウ川の沖積平野に展開している。河川に沿うこの沖積平野が地下水の水源となっている。更に、市の北部は、ルーマニアから続くパンノイア平原の一部にあたり比較的平坦である。しかし、両河川の合流点より東から南にかけては、バルカン山脈やロドピ山脈に繋がる起伏に富んだ丘陵地となっており市の中心部はそこに展開している。合流点の西でサバ川とドナウ川の間広がる平地は「新ベオグラード」と呼ばれる新しい市街地として最近都市開発が進められている地域である。

(3) 気 候

気候は四季のある大陸性気候で、乾燥していて気温の日変化、年変化が大きいのが特徴である。2002年における相対湿度は66%、1月の平均気温は1.2℃、7月は24.3℃であるが、日中は40℃近くになることもあり水需要量は一気に上昇する。同

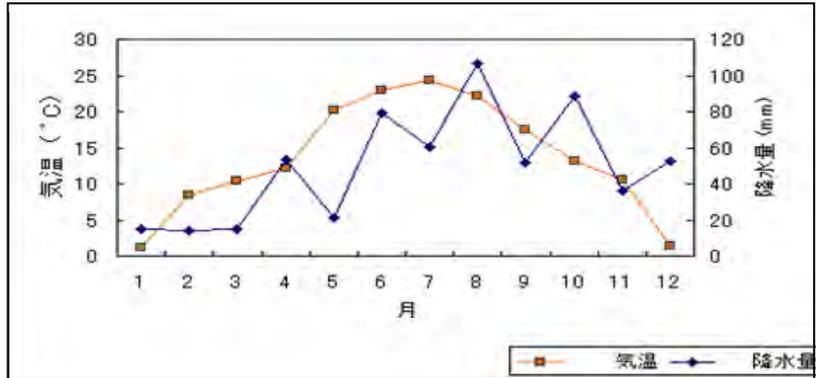


図 2-12 気温と降水量

年の降水量は594mmに対し2001年は893mmと5割近くの差がある。降水日は170日、降雪日は29日である。降水量が地下水量の変動をきたす原因となっている。

(4) プロジェクト実施による周辺環境への影響

環境行政は、「セ」国の環境省が担当し、河川の水質基準を制定し監視する任を負っている。新規事業に対しては、環境への影響の予測を実施させ、審査後に“Environmental License (環境認可)”を発行する。環境認可の手続きは以下のとおりとなっている。

- ① 事業主体による事業申請
- ② スクリーニング：申請の事業について環境配慮の手続きの対象とするかどうか、またどのような手続きを適用するかを決定する。
- ③ スコーピング：「環境チェックリスト」等をもとに、どのような環境の要素について、どのような方法を用いて環境への影響の予測と評価を行うかを検討する。
- ④ 環境影響評価 (EIA)
- ⑤ EIA の審査
- ⑥ 公聴会：環境省において、事業申請者を含む利害関係者、学識経験者等から意見徴集。
- ⑦ 仮認可の発行（条件の付与）：環境への影響度から判断して、必要に応じ事業規模の縮小、内容の変更等を含む条件を付与する。
- ⑧ 条件の回答
- ⑨ 本認可の発行

本協力対象事業に関しては、既施設の更新・改善で、新規施設の建設は無く新たに環境負荷を発生させるものではない。従って、本事業の実施に対し環境認可取得の必要はない。

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

(1) 上位目標とプロジェクト目標

セルビア共和国政府は水資源開発を含む総合水管理を維持・発展させるべく「国家水計画（Master Water Plan for the Republic of Serbia）」を1995年に策定した。この計画は将来、同国の水源の確保と保護および水需要について述べたものである。ベオグラード市はこの国家計画を上位計画とし、「ベオグラード市上水道開発計画（Prospective Development Program for Water Supply System for Belgrade）：開発計画」を策定した。

開発計画は「需要量にあった安全な飲料水の供給」を目標とし、「水道施設の維持管理の徹底」および「施設の稼動状況および配水状況の把握」を実施することを計画した。開発計画における目標が本プロジェクトの上位目標である。

開発計画の中で、BVK は以下の緊急改善計画を策定した。表 3-1 に主な改善計画とその実施状況を示す。

表 3-1 緊急改善計画と実施状況

No.	改善計画	実施状況
1	水生産能力の増加 一日最大給水量を確保すべく浄水能力を2,000L/s 増量する。	EBRD の有償資金によって河川からの取水によるマキシム II 浄水場の拡張計画（2,000L/s）が実施中、2007 年完成予定
2	安定した地下水取水 ポンプの故障を改善し、安定した取水を確保する。ポンプの更新により 385L/s の取水量の増加。	US-Aid および自己資金によって実施中、井戸スクリーンの清掃、水中ポンプの更新、回転数制御機器の据え付け、一部 SCADA システム導入
3	配水能力の増加 老朽化して効率の低下した配水ポンプを更新することで、配水能力の増加	配水ポンプの更新、日本へ要請中
4	施設監視・制御のシステム化と一元化 施設の運転状況を把握し、リアルタイムでの効率的な取水ポンプの運転をすることで適切な水運用システムの構築	監視・制御（SCADA）システムの導入、日本へ要請中
5	無収水の改善 有効水量の増加と財務の強化（無収水の改善目標は現在の 33%から 28%を計画）	KfW により実施中 2005 年完成。また、自主財源や他ドナーから更新用配管材などの援助があり計画の継続がある。
6	安全な給水 飲料水基準に合致した水質の確保と水源水質の管理	水質試験器具の更新、日本へ要請中

改善計画を実施することで恒常的な水不足の解消（夏季での水不足人口約 150,000 人と 100,000 人の給水不足人口の解消）をすることと同時に安全な飲料水の供給ができる。しかしながら、現状、「配水能力の増加」、「監視・制御のシステム化」および「安全な給水」に関しては市側の予算不足によって、未だに実施されていない。

未実施の3項目が本プロジェクトであり、全て日本政府に対し無償資金協力として要請されている。配水ポンプの更新、監視システムの導入および水質試験機器の更新が実施されれば、既に、現在「セ」国側や他ドナーによって実施されつつある項目と合わせ緊急改善計画の目標が達成される。ここにおいて現在未実施であり、日本政府に対し要請された以下の内容が本プロジェクト目標である。

- 配水能力の増加
- 監視・制御のシステム化と一元化
- 安全な給水

(2) プロジェクトの概要

緊急改善計画の目標を達成するために、本プロジェクトで実施する内容は以下の通り。

- ① 配水ポンプの更新
- ② SCADA システムの構築
- ③ 水質試験機器の更新
- ④ SCADA システムの構築のための技術者および技術指導員の派遣

プロジェクトの実施によって配水量の増加と効率的な水運用が実現され、公平な給水量の分配と安全な飲料水の安定供給ができることが期待される。本プロジェクトにより期待される成果、プロジェクト目標、上位目標を表 3-2 に PDM としてまとめる。

表 3-2 協力対象事業 (PDM)

プロジェクトの要約	指標	指標データ入手手段	外部条件
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。	① 1日1人当たり給水量： 240 l/c/d ② 24時間給水人口： 1,320,000人	① 事業記録 ② 施設運転・修理記録	• BVK が事業改善に向けた自助努力を継続する。
プロジェクト目標 1. 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・維持管理が可能となる。 2. 給水不足地域の給水事情が改善する。	① 施設の稼働状況 ② 施設・機材の維持管理状況 ③ 給水量：716,000m ³ /d	① 施設の運転記録 ② 施設・機材の補修・更新記録 ③ 検針記録	• 他ドナーの案件が計画通り実施される。 (KfW：漏水改善プロジェクト、AFD：浄水場拡張プロジェクト他)
成果 1. ベオグラード市の配水ポンプが更新される。 2. 各施設のモニタリングネットワークが構築される。 3. 規定の水質項目を分析できる。	① 配水量 ② 施設の稼働状況 ③ 水質分析項目	① 施設の運転記録 ② 施設の運転記録 ③ 水質分析結果	• 水道施設の運営・維持管理が監視・制御システムの活用により適切に実施される。
活動 1. 28箇所の配水ポンプの更新 2. モニタリングネットワークの構築 3. 中央水質試験室の水質試験機材の更新	投 入		• 相手国側負担工事が計画通り実施される。 前提条件 • E/N が締結される。
	<i>日本側</i> 【資機材】 配水ポンプ、監視・制御システム機器、水質分析機器 【人 材】 技術者、技術指導員 【事業費】 資機材調達費	<i>セルビア・モンテネグロ国側</i> 【資機材】 据付工事資機材 【人 材】 技術者、技能者、労務者 【事業費】 据付工事費、資機材調達費、運転管理費	

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

BVK の要請内容は、既存上水道施設の改善に係わる以下の機器の調達である。

- ① 取水設備：水中ポンプおよび回転数制御システム
- ② 配水ポンプ場：配水ポンプおよび回転数またはソフトスタータ
- ③ 監視・制御システム：SCADA システム
- ④ 水質管理：水質試験機器

以上 4 項目の内容は 2001 年に要請された内容である。BVK の最も深刻な問題は、恒常的な水不足地域と夏季の水不足であるとしている。早急に改善すべき問題でもあることから緊急改善計画に盛り込まれている。したがって、これら 4 項目は緊急改善計画にとって目標を達成するための必要条件である。

しかしながら、要請から既に 3 年経過しており、BVK は改善計画を既にスタートしている。取水ポンプの更新についても自己資金の都合がつく範囲で実施を始めている。よって取水ポンプは本協力対象事業の範囲外とする。また、その他の要請内容については、改善計画の内容を把握した上で現在必要となる項目を洗い出し、協力対象事業の範囲とする。さらに、日本の無償資金協力事業の内容に合致しているか十分な検討をしたうえで、本プロジェクトの調達機器を策定する。

既存の施設を改善するために、一部の附属品を調達して取り付ける場合、例えば、既存の配水ポンプに対し回転数制御機器を本プロジェクトとして調達する場合等、出荷前の調整・合成試験が不可能であるために施設効率が保障できない場合がある。この場合、要請されている附属品は本協力対象とはしない。また BVK から要請のあった配水ポンプの据付に関しても、BVK は十分な経験があるので本協力対象としない。

国独自の規制、法規、慣習などがあり、日本側が計画するためには、限られた期間内にこれら規制、法規、慣習を理解して完了することは困難と判断される。これらの機器は BVK 側で実施することとする。要請内容中、例としては通信施設がある。

監視・遠隔操作も含めた制御システムは最終的に全ての施設を対象として計画されているが、本計画ではその第 1 ステップとして監視中心のシステムとする。本計画ではまず、流量・水圧・水位・残留塩素の監視を優先とする。将来、BVK によって拡張等が容易にできるよう互換性を十分考えて設計する。

(2) 自然条件に対する方針

ベオグラード市内は標高 100m から 300m 台の高低差を持った地形である。そのために配水区域を高低差によって 4 つのゾーンに分けている。したがって、BVK が定めた配水ポンプの揚程の確認には地形を十分確認する必要がある。

(3) 建設事情、現地業者、現地資機材活用に対する方針

SCADA システムに使われる通信回線の認可取得および通信システムの建設は全て BVK 側で行なわれる。したがって、日本側が建設する SCADA システムと通信システムのインターフェイスについて両方で十分検討し、データの送受信に問題がないようにする。

(4) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

配水ポンプとモーターおよび制御盤等の電気機器に関しては、BVK はポンプやモーターのオーバーホールを含めたメンテナンスの技術力を有しており、維持管理能力に問題はない。

一方、SCADA システムは、一部実施の実績が有るとはいえ、配水ポンプシステムは初めての経験のためハードウェア、ソフトウェアとも維持管理の指導が必要である。調整・試運転段階における BVK 職員への技術移転や業者とのアフターセールスサービス契約の締結など維持管理体制の向上を考慮する。

(5) 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

第 3 国からの調達も考慮して、配水ポンプ、モーター、電気機器類は ISO、IEC 等の国際標準規格に準拠した仕様とする。また SCADA システムに関しては、将来を見越して、入出力点数やデータメモリーの拡張、配水ポンプの遠隔制御や水運用計画等の機能追加、他のサブシステムとの統合性を考慮したシステムを構築する。

(6) 工法／調達方法、工期に係る方針

本計画は単年度 2 期分けでの実施を計画する。第 1 期、第 2 期における調達機材の内容は、①ベオグラード市の給水問題は複雑に接続された水道施設の監視体制が不在であることによって引き起こされていること、②調達機材の適切な運用を確保すること、③案件効果の早期発現を図ること等を勘案し、以下のように計画する。

第 1 期 : 監視制御システム

第 2 期 : 配水ポンプ類、水質分析機器

また、SCADA システムのハードウェアとソフトウェアの製作、据付、試運転が工程上最もクリティカルである。BVK 側が実施する通信設備工事と監視シグナルの接続工事についての工程が、日本側の据付工程に合致するように調整する。

3-2-2 基本計画（機材計画）

(1) 全体計画

2001 年に要請された項目は既に BVK が実施しているものもあるために、BVK は優

先順位を表 3-3 の通り作成し日本側に示した。但し、当初 BVK 側より要請のあった SCADA 関連部品は機能的に不足した機材があったため、追加要請された。

表 3-3 優先リスト

項目番号	機材名	当初 要請数量	優先順位				備考
			1	2	3	4	
1. Well Equipment (97 wells)							
1-1	Aggregate (Pump & Motor)	49		49			
1-2	Frequency Inverter	8		8			
1-3	Measuring equipment	8		8			
1-4	Valves	100		100			
1-5	Flaps	100					-100
1-6	Control Cubicle	50		49			-1
1-7	Terminal Equipment hw + sw	50	49				-1
1-8	Telecommunication equipment (GPRS modem)	97	97				
2. Pump Station Equipment (26 PS)							
2-1	Aggregate (Pump & Motor)	28	25	3			
2-2	Frequency Inverter	53	25	3			-25
2-3	Transformer	14					-14
2-4	Control Cubicle	44	24	4			-16
2-5	Flaps	65	23	18	19	5	
2-6	Measuring equipment	75	75				
2-7	Terminal Equipment hw + sw	23	48				+25
2-8	Telecommunication equipment (GPRS modem)	24	27				+3
2-9	Local SCADA (SCADA Server)	14	14				
2-10	Monitor/SCADA HMI	0	14				+14
2-11	Printer	0	14				+14
2-12	UPS	0	14				+14
2-13	Touch panel	0	24				+24
3. Measuring Point Equipment (28 points)							
3-1	Chlorine measurement	28		28			
3-2	Cubicle	28		28			
3-3	Terminal Equipment hw + sw	28		28			
3-4	Telecommunication equipment (GPRS modem)	28		28			
4. Reservoir Equipment							
4-1	Chlorine measurement	20	20				
4-2	Terminal Equipment hw + sw	20	20				
4-3	Telecommunication equipment (GPRS modem)	20	20				
4-4	Cubicle	0	20				+20
5. Telecommunication Network							
5-1	IP Data network						
5-1-1	Optical cable link 31.1km	1					-1
5-1-2	Active components						
5-1-2-1	SHDSL Layer 3 router	30	32				+2
5-1-2-2	Layer 3 switch	4	4				
5-1-2-3	Layer 2 switch	12	22				+10
5-1-2-4	Media converter	0	14				+14
5-2	Wireless data transmission network	8					-8
6. Local Control Center Bezanija							
6-1	Domain Controller server (sw + hw)	1	1				
6-2	SQL Server (sw + hw)	1	1				
6-3	GPRS server	0	1				+1
6-4	Monitor/SCADA HMI	0	1				+1
6-5	Printer	0	1				+1
6-6	UPS	0	1				+1

項目番号	機材名	当初 要請数量	優先順位				備考
			1	2	3	4	
7. Local Control Center Banovo Brdo							
7-1	SQL Server (sw + hw)	1	1				
7-2	Telecommunication Network Server (sw + hw)	1	1				
7-3	Domain Controller server (sw + hw)	1	1				
7-4	GPRS server	0	1				+1
7-5	Monitor/SCADA HMI	0	1				+1
7-6	Printer	0	1				+1
7-7	UPS	0	1				+1
7A. Local Control Center Bele Bode							
7A-1	SCADA Server(sw + hw)	0	1				+1
7A-2	Telecommunication equipment(GPRS modem)	0	1				+1
7A-3	Monitor/HMI SCADA	0	1				+1
7A-4	Printer	0	1				+1
7A-5	UPS	0	1				+1
7B. Local Control Center Makis							
7B-1	SQL Server (sw + hw)	0	1				+1
7B-2	GPRS server	0	1				+1
7B-3	Monitor/SCADA HMI	0	1				+1
7B-4	Printer	0	1				+1
7B-5	UPS	0	1				+1
8. Main Control Center Deligradska Street							
8-1	Servers for real time BWS control						
8-1-1	SQL Server (sw + hw)	2	2				
8-1-2	Telecommunication Network Server (sw + hw)	1	0				-1
8-1-3	Domain Controller server (sw + hw)	1	1				
8-1-4	Master SCADA server	1	1				
8-1-5	Web server	0	1				+1
8-1-6	GPRS server	0	1				+1
8-2	Workstation for monitor						
8-2-1	Workstation (sw + hw) /SCADA HMI	3	2				-1
8-2-2	50" Display	0	4				+4
8-3	Voice over IP equipment						
8-3-1	VOIP gateway	1	0				-1
8-3-2	VOIP gatekeeper	1	0				-1
8-4	Printer	0	1				+1
8-5	UPS	0	1				+1
9. Laboratory measuring equipment and instrument							
9-1	Chemical laboratory						
9-1-1	Atomic Absorption Spectrometer(AAS)	1	1				
9-1-2	Total Organic Carbon Analyzer(TOC)	1	1				
9-1-3	UV-VIS Spectrometer	1	1				
9-1-4	High-Performance Liquid Chromatography(HPLC)	1			1		
9-1-5	Ion Chromatography - IC	1		1			
9-1-6	Analytical balance, 0.001g	1			1		
9-1-7	Glassware Washer	1		1			
9-2	Microbiological Laboratory						
9-2-1	Microscope	1	1				
9-2-2	Autoclave	1	1				
9-2-3	Glassware Washer with drying system	1		1			
9-3	Chemical laboratory(waste water)						
9-3-1	Atomic Absorption Spectrometer(AAS)	1		1			
9-3-2	Gas Chromatograph, PPC, FID and ECD	1		1			
9-3-3	Total Organic Carbon Analyzer(TOC)	1			1		

項目 3-2-1 の設計方針を基に表 3-3 の優先リストを検討した結果は以下の通りである。
また以下の削除・追加は表 3-3 内の項目番号と対応するものである。

① 被援助国が調達すべき機材

1 次電源の変圧器は配水ポンプの運転に必要であり、引き込み電圧 10KV から 400V に降圧し、積算メーター盤/受電盤、ポンプ起動盤を経てポンプのモーターに接続するものである。本計画では、積算メーター盤/受電盤までのつなぎ込み材料は変圧器を含め全て BVK で負担をする。また、各機器間の接続動力配線は全て BVK の調達範囲である。

削除：変圧器（表 3-3 項目 2-3）14 台

② BVK で調達可能な機器

既に BVK 側で準備をしている機器で引き続き BVK が購入できる。

削除：取水井戸ポンプ用フラップゲート（表 3-3 項目 1-5）100 台

中央管理室から浄水場および配水ポンプ場には、専用回線が通線されている。回線は本計画で使用する機器の容量範囲であり、十分に使用できる。

削除：光ケーブル（表 3-3 項目 5-1-1）31.1km

③ システム運転上必要な機器

SCADA システムの主機器に対し、本計画上必要な部品が要請内容から脱落していたために追加する。

追加：監視・制御関連の補助機器（表 3-3、項目番号 2-7、2-8、2-10、2-11、2-12、2-13、4-4、5-1-2-1、5-1-2-4、6-3、6-4、6-5、6-6）

④ 設置に対し現地官庁等の許認可が必要である機材類

通信機器は現地での規格や法律があり、また、BVK の既存の通信施設との接続もあり日本企業には調達が難しいために BVK 調達範囲とする。

削除：無線関連発信装置（表 3-3 項目番号 5-2）1 式

⑤ 本計画の対象外となる機材

原子吸光分光光度計は、飲料水用と下水用に各 1 台ずつ要請されているが、本事業は給水改善をプロジェクト目標に設定していることから、飲料水用の原子吸光分光装置のみを調達範囲とする。

削除：原子吸光分光光度計（表 3-3 項目番号 9-3-1）1 台

(2) 機材計画

本協力対象事業の計画範囲は優先順位 1 の機器について調達および SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) システムの据付および指導を計画する。

1) 配水ポンプ場機器

本協力対象事業に該当する配水ポンプ場は 7 機場ある。必要な機器はポンプ／モーター、回転数制御、ソフトスターター、ポンプ制御盤、フラップ弁および圧力発信器である。但し、圧力発信器は 7 機場以外のポンプ場にも設置され、ポンプ場からの圧力の発信をするものとする。

本協力対象事業で調達されるポンプは主として第 1 段ポンプ群を更新することで、浄水場からの送水量の増加（絶対配水量の増加）および第 1、2、3 および 4 配水区域への配水量の増加を目的としている。

a) ポンプおよびモーター

ポンプ場 No.18 (PS18) を除く全てのポンプはポンプ場に併設されている浄水池または配水池から揚水しそれぞれの配水区および配水池に配水/送水する目的である。PS-18は Banovo Brdo 浄水場から出ているトンネル状の浄水渠からの揚水であるためにポンプ設置面と浄水渠内の距離が長く吸い込み揚程が低いために、縦軸ポンプを使用するものである。

各ポンプ用モーターの電源は高圧で受けたものをトランスで 400V に降圧し、低圧で使用する。回転数制御およびソフトスターターに悪影響がでる高調波の発生率を低くするためである。

i) 数量

表 3-4 配水ポンプ台数

ポンプ場	No.	吐出量 (L/s)	揚程 (m)	モーター (電圧)
PS-1a Bele Vode	1	167	160	400
	2	167	160	400
	3	167	160	400
PS-1b Bele Vode	1	400	90	400
	2	400	90	400
	3	400	90	400
	4	400	90	400
PS-18 Trasmajan	1	400	65	400
	2	400	65	400
	3	400	65	400
	4	400	65	400
PS-19 Bezanija	1	200	65	400
	2	200	65	400
	3	200	65	400

ポンプ場	No.	吐出量 (L/s)	揚程 (m)	モーター (電圧)
PS-23 Studentski Grad	1	500	70	400
	2	500	70	400
	3	500	70	400
	4	500	70	400
	5	500	70	400
PS-17 Zvezdara	1	120	80	400
	2	120	80	400
	3	120	80	400
PS-20 Zeleznik	1	240	150	400
	2	240	150	400

ii) 軸動力

軸動力の計算は水道施設設計指針（日本水道協会、2000）より次の計算式で算出された。

$$P = (0.163 \times \gamma \times Q \times H) / E$$

ここに；

P：ポンプ軸動力 (kW)

Q：ポンプ吐出量 (m³/min.)

γ：液の単位あたりの質量 (kg/L)

H：ポンプ全揚程 (m)

表 3-5 ポンプ軸動力(1台あたり)

ポンプ場	ポンプ効率 (E)	ポンプ軸動力 (KW)	安全係数 (S.F.)	モーター軸駆動力 (KW)
PS-1a Bele Vode	0.78	335.03	1.15	385.28
PS-1b Bele Vode	0.83	424.19.	1.15	487.82
PS-18 Transmajdan	0.80	317.85	1.15	365.53
PS-19 Bezanija	0.82	155.05	1.15	178.31
PS-23 Stu. Grad	0.82	417.44	1.15	480.05
PS-17 Zvezdara	0.78	120.37	1.15	138.42
PS-20 Zeleznik	0.77	457.25	1.15	525.83

iii) ポンプ仕様

ポンプ機場	PS-1a,1b,17,19,20 & 23 用	PS-18 用
適用規格	: ISO 9905 & 9906	: ISO 9905 & 9906
ポンプ型式	: 横軸両吸込渦巻ポンプ	: 立軸斜流ポンプ
モーターとの接続方式	: 直結	: 直結
回転数	: 最大 1500RPM	: 最大 1500RPM
主要部材質	: ケーシング： 鋳鉄	: ケーシング： 鋳鉄
	: 羽根車： 青銅鋳物	: 羽根車： 青銅鋳物
	: 主軸 : 炭素鋼	: 主軸 : 炭素鋼
	: スリーブ： 青銅鋳物	

iv) モーター仕様

ポンプ機場	PS-1a,1b,17,19,20 & 23	PS-18
適用規格	: IEC 60043 & 60072	: IEC 60043 & 60072
モーター型式	: 防滴三相かご形横型誘導電動機	: 防滴三相かご形横型誘導電動機
定格電圧	: 400V	: 400V
周波数	: 4	: 4
Pole 数	: ケーシング : 鋳鉄	: ケーシング : 鋳鉄
絶 縁	: F 種	: F 種

モーターの出力はポンプの Duty Point（定格運転点）における軸動力の 115%以上とする。但し、ポンプの 2 台以上の並列運転がなされる場合で、ポンプの最大軸動力が 115%を越える時、モーター出力はその軸動力以上とする。

b) 回転数制御装置、ソフトスターターおよび制御盤

周波数の変換によってポンプの回転数を調整する装置が回転数制御装置である。ポンプ起動時に起動電力負荷を小さくする装置がソフトスターターである。本プロジェクトでは回転数制御により、水量の調整をするものである。ポンプ吐出側の圧力、水量のデータが発信され、現状運転されているポンプの水量を適切な量に増減する場合に回転数制御装置により、ポンプの回転を増減し、それによって吐出量の増減が可能となる。

i) 数 量

表 3-6 数量表（回転数制御装置、ソフトスターターおよび制御盤）

ポンプ場	No.	回転数制御	ソフトスターター	制御盤
PS-1a Bele Vode	1	1		1
	2		1	
	3		1	
PS-1b Bele Vode	1	1		1
	2		1	
	3		1	
	4		1	
PS-18 Trasmajan	1	1		1
	2		1	
	3		1	
	4		1	
PS-19 Bezanija	1	1		1
	2		1	
	3		1	

ポンプ場	No.	回転数制御	ソフトスターター	制御盤
PS-23 Studentski Grad	1	1		1
	2	1		
	3		1	
	4		1	
	5		1	
PS-17 Zvezdara	1	1		1
	2		1	
	3		1	
PS-20 Zeleznik	1	1		1
	2		1	

ii) 回転数制御装置の仕様

適用規格 : IEC 61800
 定格電圧 : 400V、3Phase、50Hz
 許容起動回数 : 1 時間当り 30 回以内
 連続出力 : 1 分間 110%
 出力周波数 : 0 - 50Hz
 保護装置 : 過負荷、過熱、相バランス
 入力信号 : 回転数制御 (4-20mADC)
 運転/停止 (無電圧接点)
 出力信号 : 回転数 (4-20mADC)
 運転/故障 (無電圧接点)

iii) ソフトスターターの仕様

適用規格 : IEC 60947
 定格電圧、相、周波数 : 400V, 3Phase, 50Hz
 起動時間調整 : 1-30 秒
 停止時間調整 : 1-30 秒
 許容電流値設定 : モーター電流の 100 - 400%
 時電圧設定 : 定格電圧の 10 - 50%
 保護装置 : 過負荷、過熱、相バランス
 入力シグナル : 運転/停止 (無電圧接点)
 出力シグナル : 運転/故障 (無電圧接点)

iv) 制御盤の仕様

適用規格 : IEC 60439
 型式 : 屋内鋼板製閉鎖型、自立または壁掛型防塵および防虫型
 構成部品 : MCCB, Push button, Indication lamp, Selector switch,
 Control relay, Timer, Buzzer, Terminal block 他

c) フラップゲート(配水ポンプ用)

ポンプ吐出側に設置し、逆流を防止する弁である。ポンプ停止後急激な弁の閉止を避けるためにフラップ式となっている。しかし、これだけではポンプ停止時の衝撃波は避けられないために既存のサージベッセルがある。

i) 数量

表 3-7 数量表 (フラップゲート)

ポンプ場	数量	口径 (mm)
PS-1a	3	250
PS-1b	2 2	250 450
PS-18	1 3	350 400
PS-19	3	300
PS-17	1 2	200 250
PS-17a	3	300
PS-20	3	300

ii) 仕様

- 適用規格 : AWWA, JIS or other International Standards
 型式 : スイング式カウンターウェイト付チェッキ弁
 主要部材材質 : ケーシング-鋳鉄またはダクタイル鋳鉄または鋳鋼
 : ディスク-鋳鉄またはダクタイル鋳鉄または鋳鋼
 : スピンドル-ステンレススチール

d) 圧力発信器

ポンプの吐出側配管には圧力検出用のメーターがあり、検出された圧力を遠方に発信するための機器である。圧力信号は中央監視室に送られポンプの制御に使用される。

i) 数量

表 3-8 数量表 (圧力発信器)

ポンプ場	数量	ポンプの吐出圧 (bar)	圧力レンジ (bar)
PS-1a	3	15.7	0-25
PS-1b	4	8.8	0-16
PS-4	3	6.9	0-16
PS-15	3	6.9	0-16
PS-15a	4	12.3	0-25
PS-16	3	6.4	0-16
PS-16a	4	11.8~12.9	0-25

ポンプ場	数量	ポンプの吐出圧 (bar)	圧力レンジ (bar)
PS-18	5	6.4	0-16
PS-19	2	6.4~8.6	0-16
PS-23	5	6.9	0-16
PS-25	3	14.2	0-25
PS-25a	3	8.0	0-16
PS-28	2	10.8~14.1	0-25
PS-28a	4	5.1~6.3	0-16
PS-5	2	5.9	0-25
PS-17	3	7.8	0-16
PS-17a	3	8.0	0-16
PS-21	3	6.4	0-16
PS-20	3	14.7	0-25
PS-26	3	15.6~17.0	0-25
PS-33	2	26.1~26.5	0-40
PS-3	3	3.3~4.4	0-16
PS-6	2	3.9	0-16
PS Lesce	3		0-16

ii) 仕 様

適用規格	: IEC
型 式	: 防水型
取付方法	: ステム支持
ケース材質	: ステンレススチール
電 源	: DC 24V
出力シグナル	: 4-20mA DC、2-wires
精 度	: +/- 1 % 以内
付 属 品	: 接続バルブ
圧力レンジ	: 0-16 bar (49 sets)
	: 0-25 bar (24 sets)
	: 0-40 bar (2 sets)

2) 配水池用残留塩素分析計

配水池内の残留塩素を計測する機器である。水中の残留塩素は、浄水された水が塩素で消毒されていることを示すものである。残留塩素量が少ないと安全性に問題が起こりやすく、また多すぎると塩素臭気が強くなり飲料として不快である。配水池の残留塩素を測ることで浄水場での塩素注入量の制御をすることができる。本プロジェクトでは残留塩素のデータの発信のみで、中央制御室はこのデータをもとに各浄水場に対し適切な塩素注入の指示ができる。

a) 数量

表 3-9 数量表 (残留塩素分析計)

設置場所	機器名	数量
配水池	残留塩素分析計	20

b) 仕様

分析方法 : DPD (Diethyle Phenylene Diamine)
測定範囲 : 0-5 mg/L
精度 : +/- 5%
最小検出値 : 0.035 mg/L
サンプリングサイクル : 2.5 minutes
サンプル流量 : 200-500 mL/min.
出力 : 4-20 mA

3) SCADA システム

SCADA システム (Supervisory Control and Data Acquisition) とは監視・制御とデータ集積システムを意味する。本協力対象事業では主として以下の動作ができるものとする。

- ① 配水ポンプの適切な制御を目的に中央監視室では各ポンプ出口側からの流量、圧力を監視するとともにポンプの運転状況を把握した上で配水ポンプを、BVK 職員を介し制御する。
- ② 浄水場で取水ポンプの運転状況が把握できさらにポンプの自動遠隔制御が可能である。
- ③ 配水池の残留塩素の計測によって、中央監視室から浄水場に対し職員を介し塩素注入の制御が可能である。
- ④ ポンプ場または中央制御室でのデータの集積と分析ができる。

SCADA システムにて監視・制御をする施設の本プロジェクト調達範囲を図 3-1 および表 3-10 に示す。

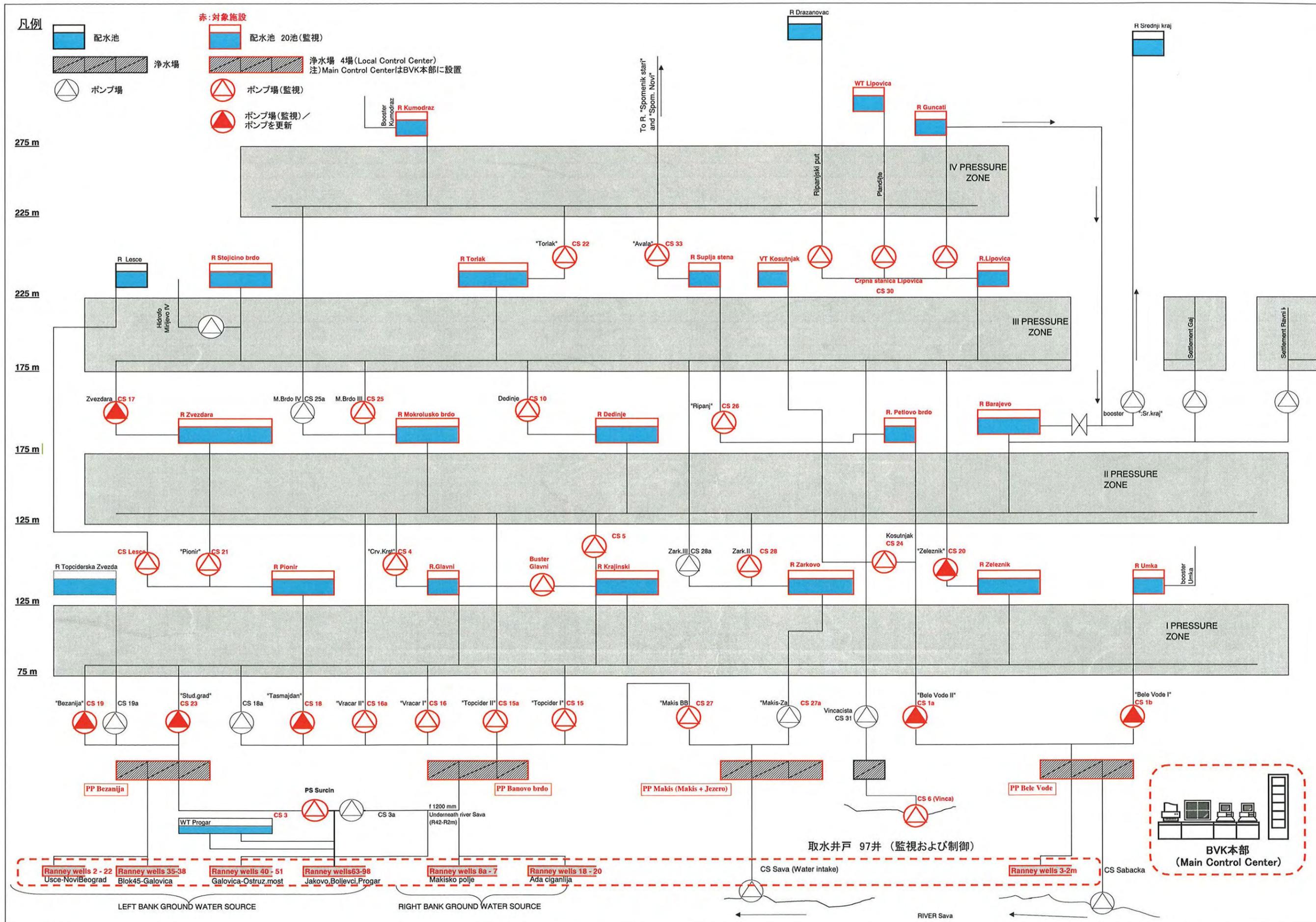


図3-1 監視制御システム対象施設

a) 数量

表 3-10 数量表 (SCADA システム)

No.	設置場所	SCADA機器																	
		WEB Server	SQL Server	Master SCADA	Local SCADA	DC Server	Monitor /HMI	50" Display	Printer	UPS	GPRS Server	GPRS Modem	SHDSL Router	Layer 3 SW	Layer 2 SW	Media Conv.	PLC	Touch Panel	TN Server
1	Main Control Center(Deligradska)	1	2	1		1	2	4	1	1	1	1	1		1	1			
2	Local Control Center(Bezanija)		1			1	1		1	1	1	1	1	1		1			
3	Local Control Center(Banovo Brdo)		1			1	1		1	1	1	1	3	1					1
4	Local Control Center(Makis)		1				1		1	1	1	1	1	1		1			
5	Local Control Center(Bele Bode)				1		1		1	1		1	2	1		1			
	Relay Station - Kneza Milosa												11			1			
	Relay Station - Kosutnjak															1			
6	PS 1a - Bele Vode											1			1	1	1	1	
7	PS 1b - Bele Vode											1					1	1	
8	PS 3 - Surcin											1					1	1	
9	PS 4 - Crveni Krst				1		1		1	1		1	1		1		1	1	
10	PS 5 - Teo dora Dražera											1	1		1		1	1	
11	PS 6 - Dunav				1		1		1	1		1			1		1	1	
12	PS 10 - Dedinje				1		1		1	1		1	1		1				
13	PS 15 - Topcider				1		1		1	1		1	1		1	1	1	1	
14	PS 15a - Topcider											1			1	1	1	1	
15	PS 16 - Vracar				1		1		1	1		1	1		1	1	1	1	
16	PS 16a - Vracar											1			1	1	1	1	
17	PS 17 - Zvezdara				1		1		1	1		1	1		1		1	1	
18	PS 17a - Zvezdara											1					1	1	
19	PS 18 - Tasmajdan				1		1		1	1		1	1		1		1	1	
20	PS 19 - Bezanija											1			1	1	1	1	
21	PS 20 - Zeleznik				1		1		1	1		1	2		1		1	1	
22	PS 21 - Pionir				1		1		1	1		1	1		1		1	1	
23	PS 22 - Torlak											1			1		1	1	
24	PS 23 - Studentski Grad				1		1		1	1		1	2		1		1	1	
25	PS 24 - Kosutnjak											1			1	1	1	1	
26	PS 25 - Mokrolusko Brdo				1		1		1	1		1			1		1	1	
27	PS 26 - Ripanj											1					1	1	
28	PS 27 - Makis Cista Voda				1		1		1	1		1			1	1			
29	PS 28 - Zarkovo				1		1		1	1		1			1		1	1	
30	PS 30 - Lipovica				1		1		1	1		1	1		1				
31	PS 33 - Avala											1					1	1	
32	- Lesce											1					1	1	
33	Well Pumps (99 Sites)											97					50		
34	Reservoirs (20 Sites)											20					20		
	TOTAL	1	5	1	15	3	20	4	19	19	4	149	32	4	22	14	94	24	1

b) SCADA システムの仕様

i) システム構成

SCADA システムのシステム構成図は、Drawing No. S-1 に示される。SCADA システムが設置される場所は以下の通りである。

- メインコントロールセンター (MCC) : 1ヶ所
- ローカルコントロールセンター (LCC) : 4ヶ所 (ベザニヤ、バノボブルド、マキシユ、ベレボデ)
- 配水ポンプステーション (PS-A) : 14ヶ所

データの収集のみが行われる場所は以下の通りである。

- 配水ポンプステーション (PS-B) : 13ヶ所
- 取水ポンプ場 (Well Pump) : 99ヶ所
- 配水池 (Reservoir) : 20ヶ所

ii) データの伝送方法

データの伝送は以下の3つの通信システムを使って行われる。

- 無線システム-GPRS (General Packet Radio Service)
- 無線システム-WLL (Wireless Local Loop)
- 有線システム-SHDSL (Symmetric Hierarchy Digital Subscriber Line)
- 通信システムは全て BVK によって実施される。

各々の場所で使用される通信システムについては Drawing No. S-2 に示される。

iii) SCADA システムの機能

SCADA システムは以下のような機能を持つ。

(a) ヒューマン・マシン・インターフェイス (HMI)

Windows システムおよびグラフィック機能を搭載し、オペレータとコンピュータ間のインターフェイス機能を持つ。マウス、キーボードを使用して、Windows システム上のツールバー、ダイアログボックス、アイコン等の操作を行う。

グラフィック監視は以下の機能を有するものとする。

- 施設の運転状況の監視
- プロセスデータの広域監視
- プロセスデータの施設ごとの監視

(b) データの収集および保管

各施設からの計測値、接点データを収集する。施設の運転監視やトレンドグラフ、帳票作成、データ解析用にデータベースに格納される。また、運転・故障履歴として、日付・時間付の時系列フォーマットにて表示される。

(c) 取水ポンプのリアルタイム制御

取水ポンプの監視と遠隔運転を行う。LCC（ベザニヤ）からサバ川左岸の取水ポンプ（62 台）の監視と遠隔運転を行い、LCC（バノボブルド）から取水ポンプ（37 台）の監視と遠隔運転を行う。

(d) 履歴データの閲覧システム

ヒストリカルトレンド、帳票（日報、月報、年報）の作成を行う。帳票は、効率的で使い易いアプリケーションにより、作成・印字されるものとする。

iv) サーバーと PLC（Programmable Logic Controller）の機能

SCADA システムに使われるサーバと PLC は以下の機能を有する。

(a) GPRS サーバ（MCC、LCC-ベザニヤ、バノボブルド、マキシユ）

- GPRS 回線で接続される施設の PLC に対して順次データの収集を行い、取水ポンプ場については遠隔操作コマンドを出す。
- GPRS 通信とイーサネット通信のリレーサーバの役割を持つものとする。
- 収集したデータは、GPRS サーバの上位 SCADA サーバへ中継される。
- 子局側 PLC：OMRON 型式 CQM1H（シリアルコミュニケーションボード）
- 監視データ更新周期：1 分毎以上（1 施設あたり）
- 通信方式（PLC-GPRS サーバ間）：GPRS 回線（64Kbps 程度）
- 通信方式（SCAD サーバ-GPRS サーバ間）：TCP/IP Socket 通信

(b) ローカル SCADA サーバ（LCC、PS-A）

LCC および PS-A に設置され、自サーバに直接接続される下位の GPRS サーバまたは PLC よりデータの収集を行うと共に、MCC のマスター SCADA サーバ（上位通信）へプロセスデータを送信する。またマスター SCADA サーバへ自サーバが保持する以外のデータの取得要求を行い、必要な広域データを保持する。

但し、ここで保持される監視データはリアルタイムデータのみである。

- 監視データ更新周期（上位通信）：10 秒毎

- 監視データ更新周期（下位通信）：5 秒毎
- 通信方式：TCP/IP ソケット通信

但し、3ヶ所の LCC(ベザニヤ、バノボブルド、マキシユ)のローカル SCADA サーバは SQL サーバに内蔵されるものとする。

(c) マスターSCADA サーバ (MCC)

全ての SCADA サーバのデータ収集を行う事によって、全施設の監視データを保持する。また、ここで収集されたデータは必要に応じてローカル SCADA サーバへ配信する機能を持ち、これによりローカル SCADA サーバは自エリア以外のデータを保持することができる。また、収集された監視データを基に日ごとおよび月ごと・年の帳票を自動生成する。

- 監視データ更新周期：10 秒毎
- 通信方式：TCP/IP ソケット通信
- 帳票データ保存期間：10 年
- 帳票データ形式：Microsoft EXCEL XP 以上

(d) DN サーバ（ドメイン・ネーム・サーバ）（MCC、LCC-ベザニヤ/バノボブルド）

ドメイン・ネーム・システム機能を有し、ドメイン名と IP アドレスの対応付けを行う。

(e) TN サーバ（テレコミュニケーション・ネットワーク・サーバ）（LCC-バノボブルド）

ネットワーク（SHDSL、WLL、および Ethernet）に接続された機器の通信状態を監視し、異常時にアラーム表示を行うなどの通信異常検知を行う。

(f) SQL サーバ（MCC、LCC-ベザニヤ/バノボブルド/マキシユ）

マスターSCADA サーバが収集した全施設の監視データを、過去一年間分保存する。この保存された履歴データは各 SCADA HMI へ送られる。

- プロセスデータ保存期間：1 年
- 履歴データ保存期間：1 年
- 基本サーバソフトウェア：Microsoft SQL Server 2000

(g) WEB サーバ

マスターSCADA サーバおよび SQL サーバに保持されるデータを参照し、WEB 配信を行う。また、各施設で故障が発生した場合は、E メールまたはショートメールサービス（SMS）にて故障発生のお知らせを行う。

(h) Programmable Logic Controller (PS-A、PS-B、Well Pumps、Reservoirs)

PLC は、配水ポンプステーション、取水ポンプ場、貯水池、その他の計測地点のプロセスデータを収集し、ネットワーク上のサーバへのデータ伝送を行う。

BVK は既設システムのデータ収集用として、取水ポンプ場とポンプステーションの一部に OMRON 社製 CQM1H タイプの PLC を使用している。したがって、これら既存の PLC が接続できるようなシステムにすること。

監視・制御用入出力項目の詳細は Drawing No. S-3 に示される。

v) SCADA 機器仕様

SCADA システムの機器リストは表 3-10 に示される。

全ての機器、装置および盤は、高性能且つ長期間の使用に耐え得る工業用製品とする。本システムは、現在 BVK で構築しているシステムの製品・装置を考慮し、可能な限り同一の製造業者の製品を使用することとする。

(a) コントロールデスク

タイプ	: 屋内用, OA デスクタイプ
付属品	: 椅子 (2脚)
装着部品	: システム構成図参照 (Drawing No. S-10)

(b) サーバラック

タイプ	: 屋内用, コンピュータラックタイプ
付属品	: テーブルタップ
装着部品	: システム構成図参照 (Drawing No. S-01)

(c) インターフェイスパネル

タイプ	: 屋内用鋼板製自立形 または 壁掛形
主部品 (ユニット毎)	: MCCB (1 セット) アイソレータ (1 セット) アレスター (1 セット) I/O リレー (1 セット) 直流電源ユニット (1 セット) PLC (1 セット) タッチパネル (1 セット) GPRS モデム (1 セット) その他必要品

- (d) マスターSCADA サーバ/ローカル SCADA サーバ
- | | |
|--------------|-----------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 1GB (with ECC) |
| HDD | : 250GB (with RAID 1) |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク | : 100Base-TX |
| インターフェイス | |
| オペレーティングシステム | : Windows 2003 Server |
- (e) SQL サーバ
- | | |
|--------------|-----------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 1GB (with ECC) |
| HDD | : 250GB (with RAID 1) |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク | : 100Base-TX |
| インターフェイス | |
| オペレーティングシステム | : Windows 2003 Server |
- (f) WEB サーバ
- | | |
|--------------|-----------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 1GB (with ECC) |
| HDD | : 250GB (with RAID 1) |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク | : 100Base-TX |
| インターフェイス | |
| オペレーティングシステム | : Windows 2003 Server |
- (g) DNS サーバ
- | | |
|----------|-------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 512MB |
| HDD | : 60GB |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク | : 100Base-TX |
| インターフェイス | |

- (h) TNS サーバ
- | | |
|--------------------|-------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 512MB |
| HDD | : 60GB |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
- (i) GPRS サーバ
- | | |
|--------------------|-------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 512MB |
| HDD | : 60GB |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
- (j) SCADA HMI
- | | |
|------------------------|-------------------|
| CPU | : Pentium4 2.8GHz |
| メモリ | : 512MB |
| HDD | : 160GB |
| CD-ROM | : 24xCD-ROM/RW |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
| ソフトウェア
オペレーティングシステム | : Windows XP |
| アプリケーション | : Office XP |
- (k) TFT モニタ
- | | |
|-----|-----------------|
| タイプ | : TFT |
| サイズ | : 15 インチ以上 |
| 解像度 | : 1,280 x 1,024 |
- (l) プラズマディスプレイ
- | | |
|-----|--------------------|
| タイプ | : PDP (RGB 入力ポート付) |
| サイズ | : 50 インチ |
| 解像度 | : 1,280 x 768 |

- (m) レーザプリンタ (MCC 用)
- | | |
|--------------------|---------------------|
| タイプ | : カラー／半導体レーザ+電子写真方式 |
| RAM サイズ | : 96MB |
| 解像度 | : 約 9,600x 600dpi |
| 用紙サイズ | : A3、A4 |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
- (n) インクジェットプリンタ (LCC と PS-A 用)
- | | |
|--------------------|----------------------|
| タイプ | : カラー／インクジェット |
| 用紙サイズ | : A4 |
| 解像度 | : 約 2,400 x 1,200dpi |
| ネットワーク
インターフェイス | : USB |
- (o) SHDSL ルータ
- | | |
|--------------------|--------------|
| タイプ | : レイヤー3 |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
- (p) GPRS モデム
- | | |
|----------|----------------|
| タイプ | : 産業用 GPRS モデム |
| インターフェイス | : RS232C |
- (q) レイヤー3 スイッチ
- | | |
|--------------------|--------------|
| タイプ | : レイヤー3 |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
| ポート数 | : 8 以上 |
- (r) レイヤー2 スイッチ
- | | |
|--------------------|-------------------|
| タイプ | : レイヤー2 (データリンク層) |
| ネットワーク
インターフェイス | : 100Base-TX |
| ポート数 | : 8 以上 |

- (s) メディアコンバータ
 ネットワーク : 100Base-TX
 インターフェイス(PC側)
 ネットワーク : 100Base-TX
 インターフェイス
 (光ケーブル側)
- (t) モニタ切替器
 タイプ : 機械式スイッチ
 ポート数 : 8 以上
- (u) タッチパネル
 タイプ : TFT/カラー
 解像度 : 800 x 600 ドット
- (v) プログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC)
 CPU : 14.4kB
 I/O ユニット : デジタル、アナログ
 入出力点数 : I/O リスト参照 (Drawing No. S-03)
 インターフェイス : RS-232C/RS-422
- (w) 無停電電源装置 (UPS)
 タイプ : 常時商用インバータ給電方式
 出力容量 : 1, 2 or 3kVA
 交流入力 : AC230V, 50Hz
 交流出力 : AC230V, 50Hz
 バックアップ時間 : 20 分
 インターフェイス : RS232C

4) 水質試験機器

a) 数量

表 3-11 数量表 (水質試験機器)

機器名	数量
化学分析計	
原子吸光分光装置	1
全有機体炭素分析装置	1
紫外-可視吸収分光装置	1
微生物分析計	
加圧滅菌器	1
顕微鏡	1

b) 仕様

i) 原子吸光分光装置 (Atomic Absorption Spectrometer)

型式	: Real-time double-beam optical system
測定波長範囲	: 190 - 900nm
回析格子	: 1800 lines/mm blazed at 200 mm
格子寸法	: 40 x 40 mm
線形分散	: 2.0 nm
焦点距離	: 298mm
スペクトルバンド幅	: 0.2, 0.7 and 2.0nm, motorized slit drive for automatic slit selection
バックグラウンド補正	: High speed self reversal method or Zeeman method
付属品	: Flame module, graphite furnace module, furnace auto-sampler, hollow cathode lamp, data processing unit, circulated cooling water unit, mercury vaporization unit, hydride vapor generator unit, etc.

ii) 全有機体炭素分析装置 (Total Organic Carbon Analyzer)

測定法	: 680 degree C combustion catalytic oxidation
測定物質	: TC, IC, TOC, NPOC, TN
適用試料	: Aqueous sample
測定範囲	: TC 0 to 25,000 micron g/L, IC 0 to 30,000 micron g/L
検出限度	: 4 micron g/L
測定精度	: CV 1.5% max
分析時間	: TC approx. 3min
試料注入方式	: Automatic
試料注入容量	: 10 to 2,000 micron L
IC 前処理	: Automatic internal acidification and sparging
自動希釈度	: Dilution factor 2 to 50
付属品	: TN(Total Nitrogen) unit, carrier gas purification unit, data processing unit, etc.

iii) 紫外-可視吸収分光装置 (UV-VIS Spectrometer)

波長範囲	: 90 – 1,100 nm
表示波長	: 0.1nm step
測光方式	: Double beam optics
スペクトルバンド幅	: 2 nm
波長精度	: +/- 1.0nm
迷光	: Less than 0.05 %
付属品	: Data processing unit, 10 mm silica cell, etc.