

セルビア国
ベオグラード市
ベオグラード市都市開発公社
ベオグラード市上下水道公社

セルビア国
ベオグラード市下水道整備事業
準備調査報告書

VOLUME I
要約・メインレポート

平成25年5月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 TEC インターナショナル

中欧
CR (5)
13-017

セルビア国
ベオグラード市
ベオグラード市都市開発公社
ベオグラード市上下水道公社

セルビア国
ベオグラード市下水道整備事業
準備調査報告書

VOLUME I
要約・メインレポート

平成25年5月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 TECインターナショナル

換算レート

1 Euro	115.00	Serbian Dinar
1 Euro	105.00	Japanese Yen

2013年1月現在

VOLUME I

要約・メインレポート

VOLUME II

APPENDIX-I

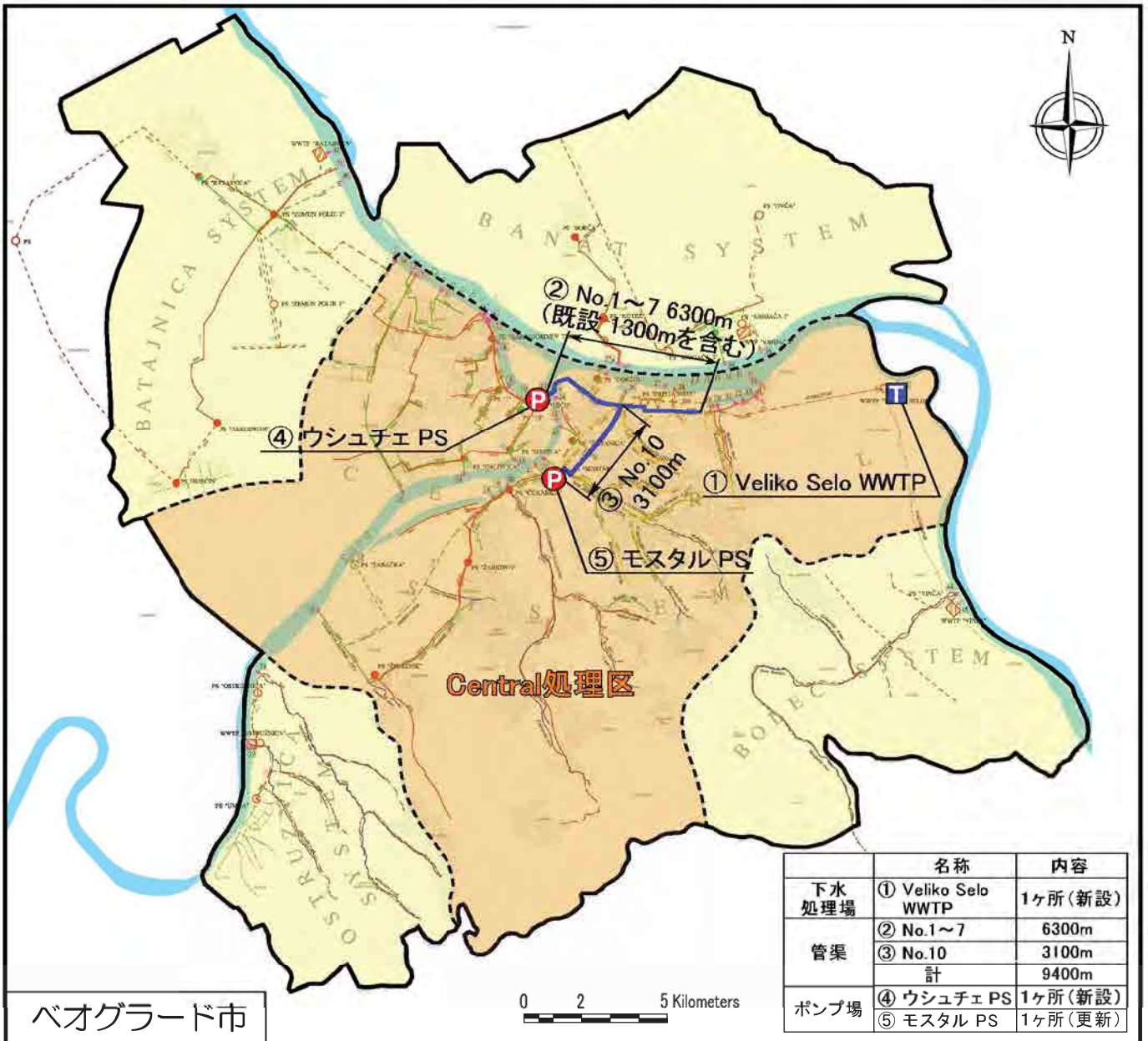
VOLUME III

APPENDIX-II

(予備的 EIA & 土地収用移転計画)

VOLUME IV

図面集



	名称	内容
下水処理場	① Veliko Selo WWTP	1ヶ所(新設)
	② No.1~7	6300m
管渠	③ No.10	3100m
	計	9400m
ポンプ場	④ ウシュチェ PS	1ヶ所(新設)
	⑤ モスタル PS	1ヶ所(更新)

調査対象地域位置図

S1. 序文

(1) 調査の背景

セルビア国（以降「セ」国）は、EU加盟を最重要課題としているが、その実現にはEU規則に則った河川水質の確保が必要不可欠である。「セ」国政府は国家計画として、“National Physical Plan of Republic of Serbia”を策定しており、ベオグラード市ではこの国家計画に基づき、2021年を目標とする都市計画マスタープラン「2021年までのベオグラードマスタープラン」を策定し、2003年9月に市議会によって承認されている。この都市計画マスタープランに従い、ベオグラード市上下水道公社は2021年を目標とする下水道マスタープラン「Pre-Feasibility Study with the Master Plan of Belgrade Sewerage System 2011 : Pre-F/S with M/P」を策定している。「セ」国政府は、同下水道マスタープランを進めるために「ベオグラード市下水道整備事業」に対する円借款の要請を我が国政府に提出している。

「セ」国政府の要請に基づき、我が国政府は本事業に係る準備調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構（JICA）は調査を実施するために調査団を派遣した。本調査の範囲は、2012年2月3日にベオグラード市とJICAの間で合意された議事録(M/D)に基づいて実施するものである。

(2) 調査の目的

本調査は、「セ」国政府から円借款の要請のあった「ベオグラード市下水道整備事業」について、当該事業の目的、概要、事業費算定を含む概略設計、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、事業実施体制（建設および運営・維持管理）、経済的・財務的内部収益率（EIRR および FIRR）、環境及び社会面の配慮等、事業評価に必要な事項を調査するものである。

(3) 調査の対象施設

本事業は「ベオグラード下水道開発計画」の Central 処理区の下水道施設を建設するものである。図 S 1 に Central 処理区および主要施設の位置を示す。本調査の対象施設は以下の通りである。

- Veliko Selo 下水処理場
- 下水管渠（次図の No.1～7 および 10）
- Ušće および Mostar ポンプ場
- 汚泥処理施設(Veliko Selo 下水処理場内)

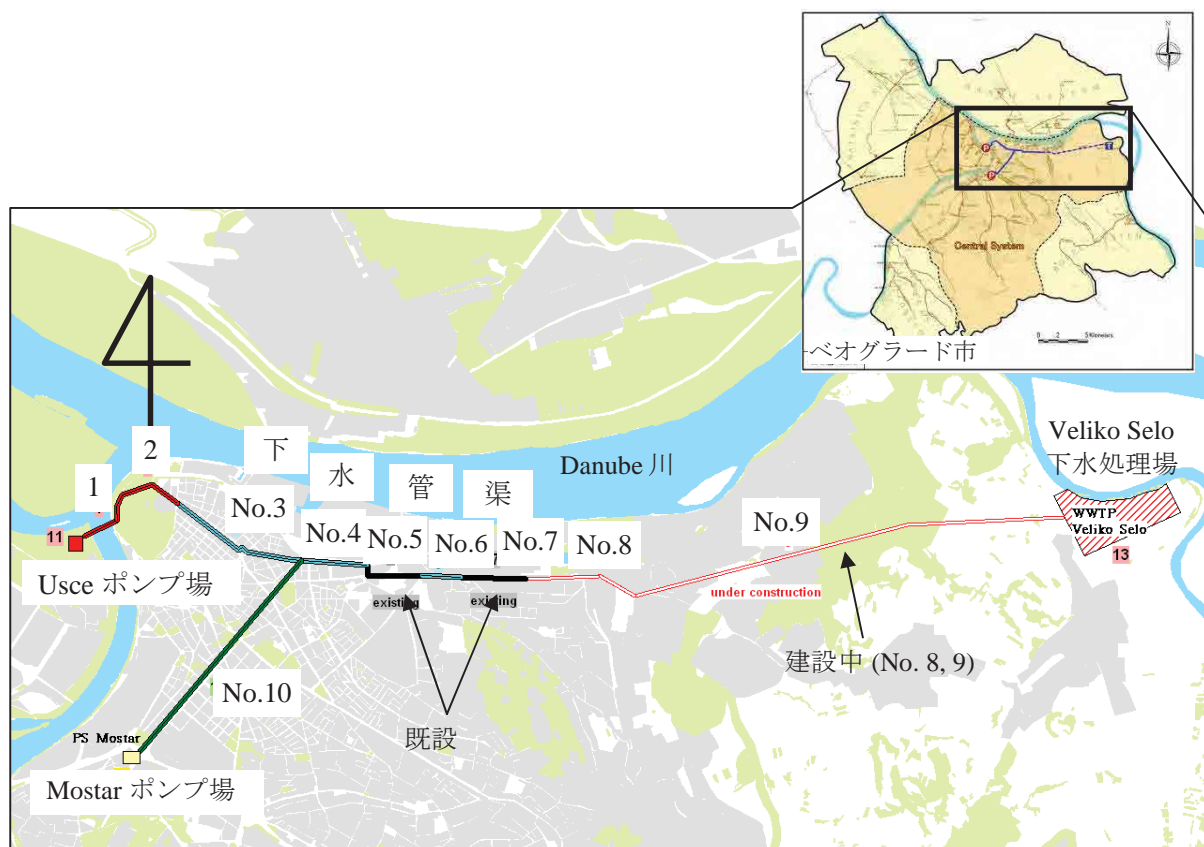


図 S 1 調査対象施設位置図

(4) 調査実施体制

本調査の相手国関連機関は、ベオグラード市（The City of Belgrade）、ベオグラード市都市開発公社（Belgrade Land Development Public Agency：以下 LDA）及びベオグラード市上下水道公社（Belgrade Waterworks and Sewerage：以下 BVK）である。これらの機関のなかで、LDA が JICA 調査団の主カウンターパートである。

S2. 計画フレーム

計画人口、水量及び汚濁負荷量等の計画フレームは主として Pre-F/S with M/P の提案値を採用した。以下に計画フレームの概要を示す。

(1) 計画人口

表 S 1 に Pre-F/S with M/P で提案されたベオグラード市全体の集水分区別計画人口を示す。Pre-F/S with M/P によると、将来的に Bolec 処理区からの汚水を Central 処理区のインターセプターとは別系統で Veliko Selo 下水処理場に接続する計画であることから、2031 年の計画人口として Central 処理区と Bolec 処理区を合計した 1,297,900 人を採用する。

表 S 1 処理区・集水分区別の計画人口

処理区名	集水分区	2007		2010	2012	2015	2021	2031	
		実人口	%						計画人口
Central 処理区	Ušće PS Catchment Area	1. Gornji Zemun	110,499	7.85	110,900	111,200	111,600	112,450	113,800
		2. Karadordev trg	62,892	4.47	63,200	63,300	63,550	64,000	64,800
		3. Nova Nova	56,179	3.99	56,400	56,500	56,750	57,150	57,900
		4. Galovica	105,351	7.49	105,700	106,000	106,400	107,200	108,550
		5. Gazela	16,693	1.19	16,800	16,800	16,850	17,000	17,200
		6. Ušće immediate basin	6,182	0.44	6,200	6,200	6,250	6,300	6,350
		Sub-total	357,796	25.42	359,200	360,000	361,400	364,100	368,600
	Mostar PS Catchment Area	14. Topčider collector	133,093	9.46	133,600	134,000	134,450	135,400	137,100
		15. Senjak	5,950	0.42	5,950	6,000	6,050	6,100	6,150
		16. Železnik	104,804	7.45	105,250	105,450	105,850	106,650	108,000
		17. Banovo Brdo	53,847	3.83	54,050	54,200	54,400	54,800	55,500
		Sub-total	297,694	21.16	298,850	299,650	300,750	302,950	306,750
	Mokrolug Catchment Area	9. Duboki creek	48,225	3.43	48,400	48,500	48,700	49,100	49,700
		10. Čubura collector	37,289	2.65	37,450	37,500	37,650	37,950	38,400
		11. Mokrolug collector	48,443	3.44	48,600	48,750	48,900	49,300	49,900
		12. Kumodraž collector	51,492	3.66	51,700	51,800	52,000	52,400	53,050
		13. Banjica collector	45,430	3.23	45,600	45,700	45,900	46,200	46,800
		Sub-total	230,879	16.41	231,750	232,250	233,150	234,950	237,850
	Danube Catchment Area	7. Bulbuder collector	124,566	8.85	126,250	125,350	125,800	126,750	128,350
		8. Mirijevo	60,699	4.31	61,400	61,100	61,300	61,800	62,550
18. Danube immediate basin		131,348	9.33	130,150	132,150	132,700	133,650	135,300	
Sub-total		316,613	22.49	317,800	318,600	319,800	322,200	326,200	
Central処理区合計		1,202,982	85.47	1,207,600	1,210,500	1,215,100	1,224,200	1,239,400	
Batajnica 処理区		64,724	4.6	65,000	65,100	65,350	65,900	66,700	
Banat 処理区		63,063	4.48	63,300	63,500	63,700	64,200	65,000	
Bolec 処理分区		56,816	4.04	57,000	57,200	57,400	57,800	58,500	
Ostruznica 処理区		19,833	1.41	19,900	20,000	20,050	20,200	20,400	
合計		1,407,418	100	1,412,800	1,416,300	1,421,600	1,432,300	1,450,000	

出典 : : Pre-F/S with M/P

(2) 計画水量

計画日平均水量は、表 S 2 に示すように、計画人口に日平均使用水量、上水から下水への転換率及び浸入水量によって算定している。

表 S 2 計画諸元

項 目		採用値
平均使用水量	家庭用水	220 ℓ/人/日
	商業・工業(従業員当り)	200 ℓ/人/日
転換率(下水排水量/上水使用量)		0.80
浸入水量		0.05~0.12 ℓ/秒/ha

出典：Pre-F/S with M/P

各インターセプターに流入する平均汚水量は上記から算定される。したがって、インターセプターを通して Veliko Selo 下水処理場に流入する計画水量は、Central 処理区及び Bolec 処理区の計画人口に基づいている。インターセプターや施設設備の設計に用いる日最大汚水量、晴天時時間最大汚水量及び雨天時時間最大汚水量は、それぞれの集水分区の集水方式により定められているが、下水処理場に流入する際の計画汚水量は表 S 3 に示す値を採用している。

表 S 3 計画流入水量

項 目	2015年	2021年	2031年
日平均水量	394,000 m ³ /day	409,000 m ³ /day	448,700 m ³ /day
日最大水量	464,000 m ³ /day	474,000 m ³ /day	521,200 m ³ /day
晴天時時間最大水量	696,000 m ³ /day	717,100 m ³ /day	788,800 m ³ /day
雨天時時間最大水量	1,209,600 m ³ /day	1,252,800 m ³ /day	1,341,100 m ³ /day

注記：時間最大/日最大=1.5、雨天時時間最大/晴天時時間最大=1.75.

2031年の計画水量には Bolec 処理分区からの汚水を含む

出典：Pre-F/S with M/P

(3) 計画流入負荷量

Veliko Selo 下水処理場に流入する汚濁負荷量は、表 S 4 左欄に示す汚濁負荷量原単位から算定される。

表 S 4 計画流入負荷量

項 目		2015年	2021年	2031年
人口当量 (PE)		1,301,000	1,347,000	1,439,000
BOD ₅	60g/PE/日	78,060 kg/日	80,820 kg/日	86,340 kg/日
COD _{cr}	120g/PE/日	156,120 kg/日	161,640 kg/日	172,680 kg/日
TSS	70g/PE/日	91,070 kg/日	94,290 kg/日	100,730 kg/日
T-N	11g/PE/日	14,311 kg/日	14,817 kg/日	15,829 kg/日
T-P	2.5g/PE/日	3,253 kg/日	3,368 kg/日	3,598 kg/日

注記: 2031年の流入負荷量は Bolec 処理分区からの負荷量を含む。

人口当量(PE)は、BOD₅の汚濁負荷量を 60g/人/日で除した値

S3. 施設計画

本調査の施設計画は、まずそれぞれの施設の最新の F/S with MP の予備設計をレビューし、その後開発あるいは一般化した新技術の適用を中心に改善案を提案した。

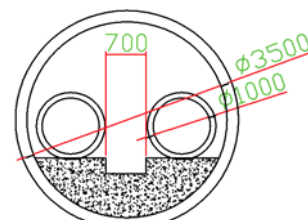
(1) インターセプター

Central 処理区には 10 区間のインターセプターが計画されている。そのうち 4 区間は建設済み(No.5 及び No.7)もしくは建設中(No.8 及び No.9)である。

残りの区間について、サヴァ川横断である Interceptor No.1 を除き、既存の計画から軽微な変更を行ったのみで、原則として既計画の整備方針を踏襲した。

Interceptor No.1 は、管防護のない 1 条の圧送管が計画されていた。しかしながら、この計画は事故時のリスクが高く、維持管理性に問題がある。したがって、本調査では、安全性・維持管理性・経済性等を考慮した代替案を比較評価し、管廊(φ3500mm)内に 2 条の圧送管(φ1000mm)を設置する案が最適であると結論づけた。

図 S 2 に断面を示す。維持管理スペースとして 700mm を確保し、必要に応じ、光ケーブル等のユーティリティを上部に設置することが可能である。本管廊の建設にはシールド工法を用いる。



それぞれのインターセプターの主な仕様や数量等を表 S 5 に示す。 図 S 2 インターセプター No.1 の管断面

表 S 5 インターセプターの仕様と数量

インターセプター	仕様	延長(m)	施工方法	備考
No.1	φ3500mm (鉄筋コンクリート製)	425	シールド/TBM工法	
	φ1000mm x 2条 (高密度ポリエチレン管)	480 x 2 =960	管廊内設置	
	φ1000mm x 2条(ダクタイル铸铁管)	90 x 2 =180	開削工法	Ušće ポンプ場からインターセプターNo.1まで
No.2	φ1400mm (高密度ポリエチレン管)	900	開削工法	
	φ1400mm (ダクタイル铸铁管)	45+65=110	推進工法	汚水排水管を含む
No.3	φ2000mm (高密度ポリエチレン管)	1826	開削工法	
No.4	馬蹄形380/380cm (鉄筋コンクリート製)	943	開削工法	
No.6	φ4000mm (鉄筋コンクリート製)	852	シールド/TBM工法	
No.10	φ2800mm (鉄筋コンクリート製)	3000	シールド/TBM工法	
	ボックスカルバート300x300cm (鉄筋コンクリート製)	80	開削工法	
Mostar PSから Interceptor No.10 までの接続管	φ1600mm (HDPE)	155	開削工法	
	φ1600mm (鉄筋コンクリート製)	166	推進工法	

(2) ポンプ場

既存の Ušće ポンプ場は、人口の上昇に伴う汚水量の増加に対応できなくなっていること、及び老朽化のため隣接する用地に新設することが計画されていた。本調査ではこの計画に従い Ušće ポンプ場を新設することとした。

一方、Mostar ポンプ場は機械電気設備が老朽化・陳腐化しているため、本調査では必要設備の仕様を決定した。なお土木建築設備は補修工事を行い、現施設を活用するものとした。両ポンプ場の仕様及び数量を表 S 6 に示す。

表 S 6 仕様及び数量

名称	状況	主な設備			
		ポンプ設備	除砂設備	除塵機	監視制御 自家発電機
New Ušće PS	新設	新規 (50.2 m ³ /min x 5台)	新規	新規	新規
Mostar PS	改築更新	取替え (42.0 m ³ /min x 6台)	—	新規	取替え

(3) Veliko Selo 下水処理場

Veliko Selo 下水処理場の施設計画で用いた計画水質を表 S 7 に示す。

表 S 7 計画水質

水質項目	流入	放流
BOD ₅	192 mg/l	25 mg/l
COD _{Cr}	385 mg/l	125 mg/l
SS	224 mg/l	35 mg/l
全窒素	35 mg/l	10 mg/l
全リン	8 mg/l	1 mg/l

注記：流入水質は、表 S 3 の計画流入水量と表 S 4 の計画流入負荷量から算定。
放流水質は、“ELV for Communal Wastewater Discharge to the Recipient”を参照

Veliko Selo 下水処理場に流入する計画水量(2015年～2031年)は表 S.3 に示す。

本調査では、汚水処理及び汚泥処理について既存の計画の技術的な妥当性の検証を行った。結果として、汚水処理プロセスの生物処理方式を除き、既存計画で提案されたプロセスからの変更は軽微なものである。

既存計画は、汚水処理方式として回分式活性汚泥法、生物膜法、及び押し出し流れ式活性汚泥法の1つである嫌気無酸素好気法(A2O)を比較検討し A2O 法を選定した。本調査では、高度処理対応が可能な最新汚水処理技術として A2O 法と押し出し流れ式活性汚泥法であるステップ流入式多段硝化脱窒法(SFDNP)、担体添加活性汚泥法(CAASP)の比較検討を行った。

表 S 8 に比較検討結果の概要を示す。比較の結果、以下の理由から SFDNP 法を推奨した。

- SFDNP は固形物量に対する汚濁負荷を均一化されることで各段の無酸素槽・好気槽を同条件で運転することが可能なため運転管理が容易である。
- 内部循環なしに A2O と比較して高い窒素除去率が得られる。
- 他処理法と比較して安定したリン除去率が得られる。
- A2O の運転管理は窒素及びリンを除去する微生物が共存できる状態を維持することが必要であることから複雑である。
- 生物学的に除去されたリンは嫌気性消化槽で再度放出されやすい。
- 嫌気性消化による返流水に含まれる窒素の増加を考慮すると A2O は循環比に限度があるため、窒素の排水基準の確保が困難になる。
- A2O と比較して水理的滞留時間が短くできるため、SFDNP の初期投資は最も安価である。
- SFDNP は現在価値の指標から最も経済的である。

表 S 8 汚水処理プロセスの比較表

	嫌気無酸素好気法 (A2O)	ステップ流入式多段硝化脱窒法 (SFDNP)	担体添加活性汚泥 (CAASP)
プロセス概要	生物学的窒素除去と生物学的リン除去を組み合わせた処理法である。	物理化学的リン除去と生物学的窒素除去を組み合わせた処理法である。	微生物を固定化する担体を添加することで、反応タンク内の微生物濃度を高く保持することが可能である。
優位点	<ul style="list-style-type: none"> ● 余剰汚泥量が比較的少ない。 ● SFDNP と比較して薬品費が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 硝化液の循環ポンプが不要なためエネルギー消費が少ない ● 安定した窒素・リン除去が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安定的な窒素・有機物の除去性能・効率の確保が可能 ● 水理的滞留時間が最も短い ● SFDNP と比較して薬品費が少ない
不利点	<ul style="list-style-type: none"> ● 嫌気槽と凝集剤注入設備の両方が必要である ● 降雨時にリン除去が不安定である ● 水理的滞留時間が長い 	<ul style="list-style-type: none"> ● A2O よりも余剰汚泥が多く発生する ● 凝集剤の添加量が多くなる 	<ul style="list-style-type: none"> ● A2O と比較して余剰汚泥が多く発生する ● 安定した窒素・リン除去を保つため、担体の細かな管理が必要である。
環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> ● 余剰汚泥量が最も少ない ● エネルギーの消費が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ● A2O と比較して余剰汚泥が多く発生する ● エネルギー消費量が最も少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ● A2O と比較して余剰汚泥が多く発生する ● エネルギーの消費が多い
初期投資	(122 %)	(100 %)	(201 %)
維持管理費	(91 %)	(100 %)	(104 %)
現在価値	(112 %)	(100 %)	(169 %)
評価	優位性：中	優位性：高	優位性：低

現在価値：社会的割引率 = 10% / 検討期間 = 30 年間

汚泥処理プロセスは、代替案との比較検討の結果、既存計画を踏襲して汚泥濃縮－嫌気性消化(消化ガス発電設備を含む)－機械脱水を採用した。脱水後の汚泥ケーキは、埋立て処分場に運搬する計画である。発生した消化ガスはガス発電や消化槽の加温等に利用するコージェネレーションシステムの導入を計画した。

汚泥処理プロセスの一環として汚泥のエネルギー利用についても検討を行った。しかしながら、現在の法制度及び潜在的ユーザーの調査を行った結果、汚泥エネルギーを利用する汚泥燃料化プロセスについては現時点で導入することは難しいと判断し、将来に実施することを推奨した。

また、下水処理場の省エネルギー化を目指し、下記の設備の導入を推奨した。

新技術	利点
1. ディスクフィルター(3次処理)	省エネルギーの実現, 初期投資の低減, 3次処理導入の容易性, ライフサイクルコストの低減
2. 超微細発泡装置(水処理)	高効率による省エネルギーの実現, 目詰りしない特性, ライフサイクルコストの低減
3. スクリュープレス脱水機(汚泥処理)	省電力による維持管理費の低減, 運転・維持管理の容易性, ライフサイクルコストの低減

Veliko Selo 下水処理場の処理プロセス、施設配置計画、水位高低図をそれぞれ図 S 3、図 S 4、図 S 5 に示す。

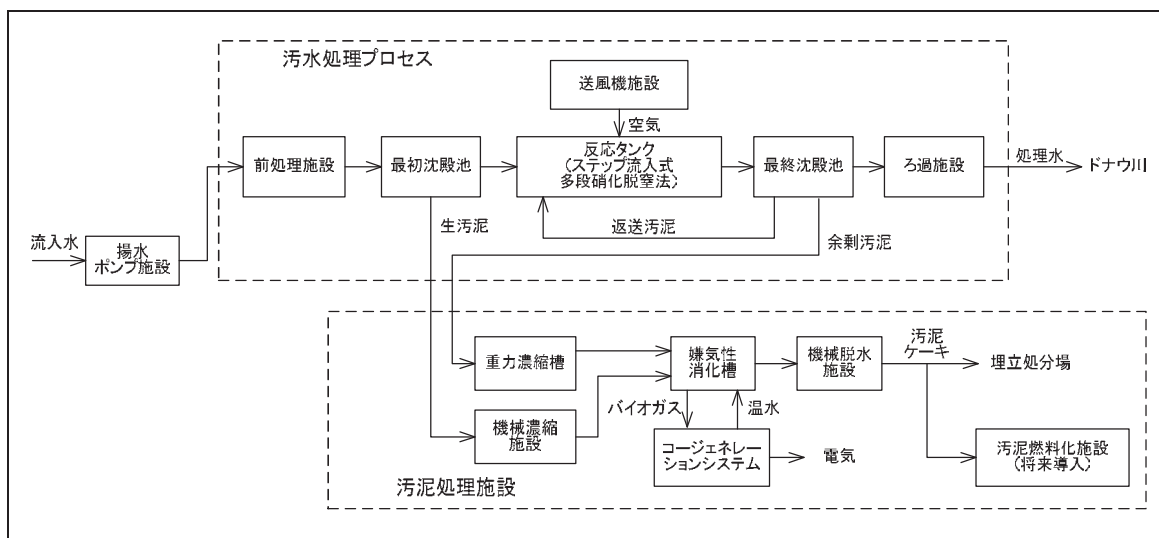


図 S 3 最適な処理プロセスのフロー図

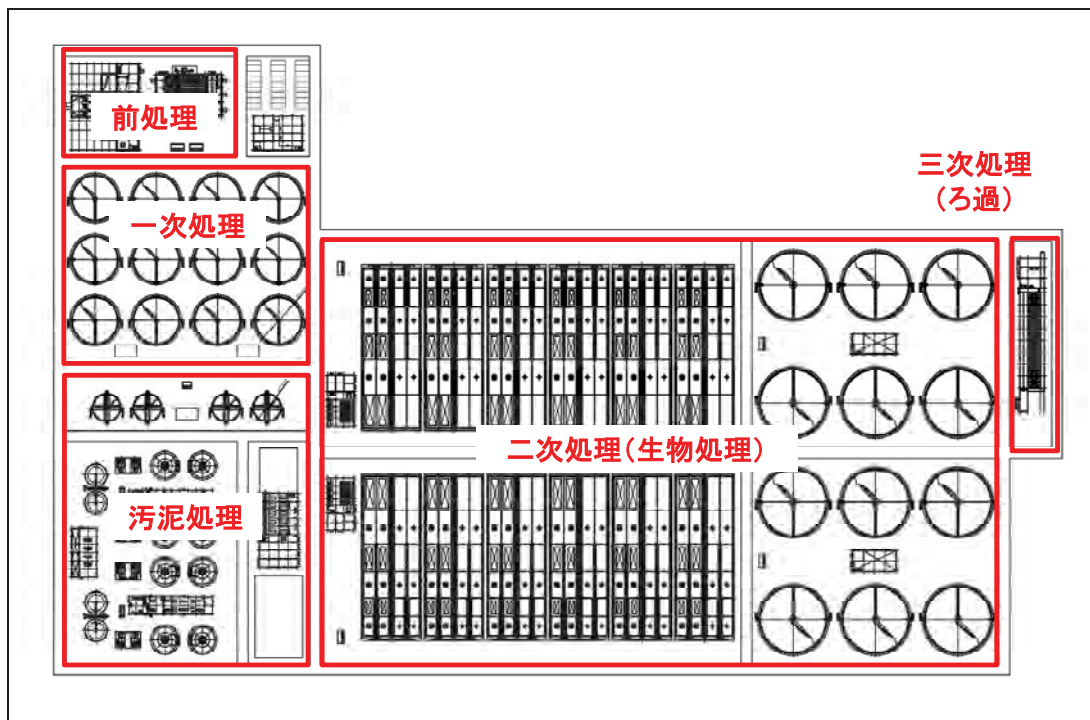


図 S 4 施設配置図

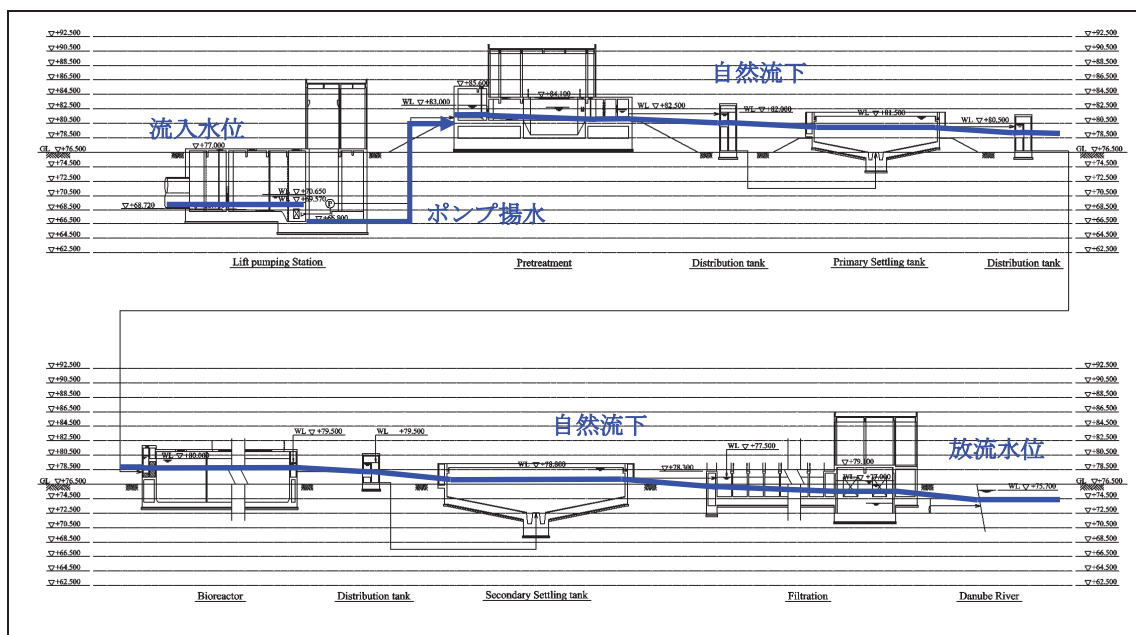


図 S 5 水位高低図

施設計画における特記事項:

施設計画は LDA を代表とするセルビア側との合意事項に基づき実施された。多くの施設計画はこの前提に従い実施した。しかしながら下水処理プロセスに関しては、セルビア側の合意を得るにはセルビア側が雇用する現地コンサルタントによって作成された報告書に基づき、省レベルの改訂委員会 (Revision Committee) にて承認されなければならないが、本調査期間内にこの承認を得る事が非常に困難であることが判明した。このため、LDA と JICA 調査団は本調査での検討結果 (SFDNP) を暫定案として、概算事業費の算定、経済・財務分析、及び事業評価の作業を進める事に合意した。

S4. 概算事業費及び実施計画

(1) 事業費及び維持管理費

本プロジェクトの概算事業費は、表 S 9 に示すように税込みで 437 百万 EUR (459 億円)、税抜きで 370 百万 EUR (389 億円)となる。

表 S9 概算事業費

No.	項目	内貨部分 (1,000 EUR)	外貨部分 (1,000 EUR)	合計 (1,000 EUR)
1.	建設工事費			
A	Veliko Selo 下水処理場			
A-1	敷地造成	15,386	0	15,386
A-2	揚水ポンプ施設	2,524	6,100	8,624
A-3	前処理施設	2,254	1,402	3,656
A-4	最初沈殿池	5,847	1,612	7,459
A-5	反応タンク	27,725	10,786	38,511
A-6	送風機施設	1,844	4,194	6,038
A-7	最終沈殿池	9,081	3,414	12,495
A-8	ろ過施設	2,351	6,913	9,264
A-9	重力濃縮施設	842	427	1,269
A-10	嫌気性消化槽	26,422	11,408	37,830
A-11	汚泥処理施設	2,277	4,925	7,202
A-12	場内配管	6,418	14,386	20,804
A-13	管理棟	1,886	3,937	5,823
A-14	受変電・自家発施設	1,625	5,275	6,900
A-15	消化ガス発電施設	673	1,853	2,526
A-16	場内整備	2,015	0	2,015
	小計 (A)	109,170	76,632	185,802
B	インターセプター			
B-1	インターセプター (No.1)	6,416	4,623	11,039
B-2	インターセプター (No.2)	3,981	351	4,332
B-3	インターセプター (No.3)	7,752	0	7,752
B-4	インターセプター (No.4)	9,752	0	9,752
B-5	インターセプター (No.6)	3,874	10,587	14,461
B-6	インターセプター (No.10) 及びコレクター	5,957	18,906	24,863
	小計 (B)	37,732	34,467	72,199
C	ポンプ場			
C-1	Ušće ポンプ場	3,208	2,806	6,014
C-2	Mostar ポンプ場	1,152	2,300	3,452
	小計 (C)	4,360	5,106	9,466
	小計 (1)	151,262	116,205	267,467
2.	事業管理費	16,799	0	16,799
3.	コンサルティング費用、(注)	7,282	8,800	16,082
4.	物理的予備費 (建設工事費分のみ)	8,456	6,562	15,018
5.	プライス・エスカレーション (建設工事費分のみ)	16,726	13,522	30,248
6.	土地取得費・補償費 (注)	7,300	0	7,300
7.	建中金利	0	14,116	14,116
8.	コミットメントチャージ	0	2,742	2,742
9.	税金・関税	67,198	0	67,198
	小計 (2-9)	123,761	45,742	169,503
	合計 (税金・関税込み)	275,023	161,947	436,970
	合計 (税金・関税抜き)	207,825	161,947	369,772

(注) 金額には、当該項目に関連する物理的予備費とプライス・エスカレーションを含む。

本プロジェクトに関する維持管理費は、表 S 10 に示すように 9.4 百万 EUR/年 (9.9 億円/年) となる。

表 S 10 維持管理費

No	項目	費用 (百万EUR/年)
1.	人件費	510
2.	電力費	2,111
3.	保守管理費	1,238
4.	汚泥ケーキ処分費	1,656
5.	消耗品費	2,878
6.	インターセプター洗浄費	213
7.	その他	807
	合計	9,414

(2) 段階的整備計画

本事業の完成までには多大な費用が必要となり一つのプロジェクトとして実施するのは投資可能性の点から困難と想定された。投資可能なプロジェクトサイズに納めるために段階的整備計画を策定した。

事業効果・優先性・投資効果を評価し、最終的に Mostar 集水区及び Danube 集水区下流域を第 1 期の実施区域とした。第 1 期の施設規模は、目標年 2031 年の計画水量の約半分である。

第 1 期事業は、図 S 6 に示すように Veliko Selo 下水処理場の 1/2 の能力、インターセプター No.4、No.6、No.10、及び Mostar ポンプ場から構成される。

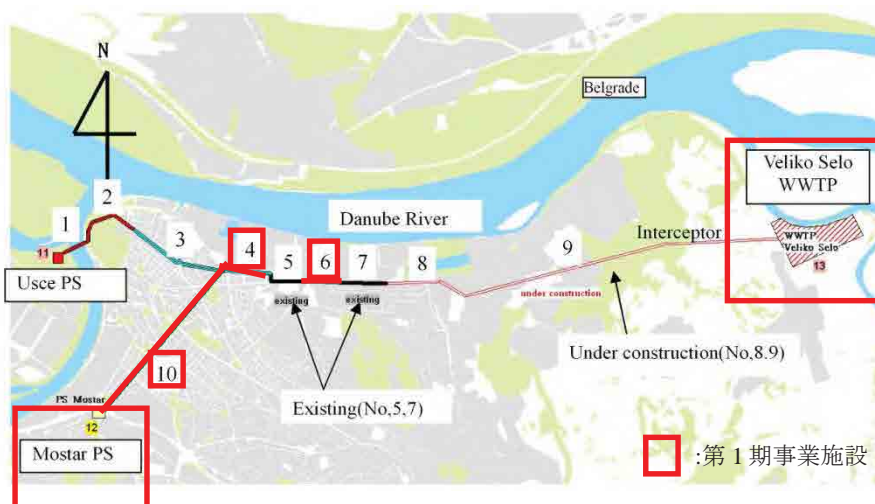


図 S 6 第 1 期事業の範囲

(3) 第1期事業の概算事業費

第1期事業の概算事業費は、表S11に示すように税込みで275百万EUR(289億円)、税抜きで233百万EUR(245億円)となった。

表 S 11 第1期事業の概算事業費

No.	項目	内貨部分 (1,000 EUR)	外貨部分 (1,000 EUR)	合計 (1,000 EUR)
1.	建設工事費			
A	Veliko Selo 下水処理場			
A-1	敷地造成	12,163	0	12,163
A-2	揚水ポンプ施設	1,983	3,246	5,229
A-3	前処理施設	2,212	1,025	3,237
A-4	最初沈殿池	3,027	806	3,833
A-5	反応タンク	14,498	5,393	19,891
A-6	送風機施設	937	2,096	3,033
A-7	最終沈殿池	4,803	1,708	6,511
A-8	ろ過施設	1,783	3,699	5,482
A-9	重力濃縮施設	437	224	661
A-10	嫌気性消化槽	13,323	5,704	19,027
A-11	汚泥処理施設	2,033	3,432	5,465
A-12	場内配管	4,601	7,119	11,720
A-13	管理棟	1,831	2,745	4,576
A-14	受変電・自家発施設	1,271	3,438	4,709
A-15	消化ガス発電施設	495	927	1,422
A-16	場内整備	2,015	0	2,015
	小計 (A)	67,412	41,562	108,974
B	インターセプター			
B-1	インターセプター (No.4)	9,752	0	9,752
B-2	インターセプター (No.6)	3,874	10,587	14,461
B-3	インターセプター (No.10) 及びコレクター	5,957	18,906	24,863
	小計 (B)	19,583	29,493	49,076
C	ポンプ場			
C-1	Mostar ポンプ場	1,152	2,300	3,452
	小計 (C)	1,152	2,300	3,452
	小計 (1)	88,147	73,355	161,502
2.	事業管理費	10,608	0	10,608
3.	コンサルティング費用 (注)	7,282	8,800	16,082
4.	物理的予備費 (建設工事分のみ)	4,895	4,095	8,990
5.	プライス・エスカレーション (建設 工事分のみ)	9,747	8,536	18,283
6.	土地取得費・補償費 (注)	7,300	0	7,300
7.	建中金利	0	8,523	8,523
8.	コミットメントチャージ	0	1,707	1,707
9.	税金・関税	42,430	0	42,430
	小計 (2-9)	82,262	31,661	113,923
	合計 (税金・関税込み)	170,409	105,016	275,425
	合計 (税金・関税抜き)	127,979	105,016	232,995

(注) 当該項目に関連する物理的予備費とプライス・エスカレーションを含む。

第 1 期事業に関わる維持管理費は、表 S 12 に示すように 4.9 百万 EUR/年(5.2 億円/年)となった。

表 S 12 第 1 期事業の維持管理費

No	項目	費用 (百万EUR/年)
1.	人件費	332
2.	電力費	1,081
3.	保守管理費	676
4.	汚泥ケーキ処分費	828
5.	消耗品費	1,439
6.	インターセプター洗浄費	129
7.	その他	420
	合計	4,905

(4) 第 1 期事業の実施スケジュール

第 1 期事業が円借款により資金調達される場合、L/A 調印からの実施スケジュールは表 S 13 に示すように、全工程で 90 ヶ月 (7.5 年) と想定される。

表 S 13 事業実施スケジュール

	期間	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
L/A 調印	-	▼							
コンサルタントの選定	9ヶ月	■							
詳細設計	12ヶ月		■	用地取得完了					
仕様書及び入札図書作成	(6)+3ヶ月		■	▼					
請負業者の選定	12ヶ月			■				供用開始	
建設工事	42ヶ月				■	■	■	■	■
運転及び技術移転	12ヶ月							■	■

S5. 経済財務分析／組織制度

(1) 料金値上げ及び経済便益

支払い意志額調査の結果から、BVK は現在料金に対し最大 25% (23 RSD/m³相当) 値上げができる と結論した。また、経済便益は平均支払意思額から 42 RSD/m³ とした。

(2) 財務評価

第 1 期事業期間は 2021 年の運転開始から 40 年と設定した。財務投資内部収益率 (FIRR) は結果として 2.3% であり、この収益率では通常金利での借り入れによるプロジェクトの実施は困難である。ソフトな金利の借款を前提とした実施は国からの補助金なしでも理論上可能である。

第1期及び第2期事業を評価すると、FIRRは4.3%に改善する。この場合でも、市場金利でのプロジェクトの実施は限界的な状況である。ソフトローンによるプロジェクト全体の実施は政府の補助を前提としなくても理論的には可能と判断することができる。

(3) 経済評価

第1期事業の経済内部収益率(EIRR)は9.5%となった。第1期及び第2期事業を含むプロジェクト全体のEIRRは12%となる。国家経済から見た投資効率は良好と判断される。

(4) BVKの財務安定性

上述の分析により、プロジェクト実施によるBVKへの過度の負担は発生しない。しかし、どのようなプロジェクトであっても実施段階で財務状況を悪化させる不測の事態が起こる。

リスク回避の観点から、以下3つの提言を行った。

- ① 資本補助
- ② 下水道料金追加
- ③ 現在の従業員の移転とトレーニング

(5) 実施体制

実施体制としてはまず建設段階では調達公示、評価、コンサルタント・コントラクターを選定を行い、調達工事図書、建設物その他のアウトプットの承認、支払い承認を行い、プロジェクト実施を円滑に管理するためのタスクフォースを設立することが望まれる。このタスクフォースは実施機関であるベオグラード土地開発公社が任命すべきもので、通常 Project Implementation Unit (PIU) と呼称される。

PIUを統括するプロジェクトマネジャーは実施機関が任命する。PIUの業務は大きく分けて3つの分野がある。

- ① 全体業務
- ② 法務全体対応セクション
- ③ 下水処理場及びインターセプター・ポンプ場セクション

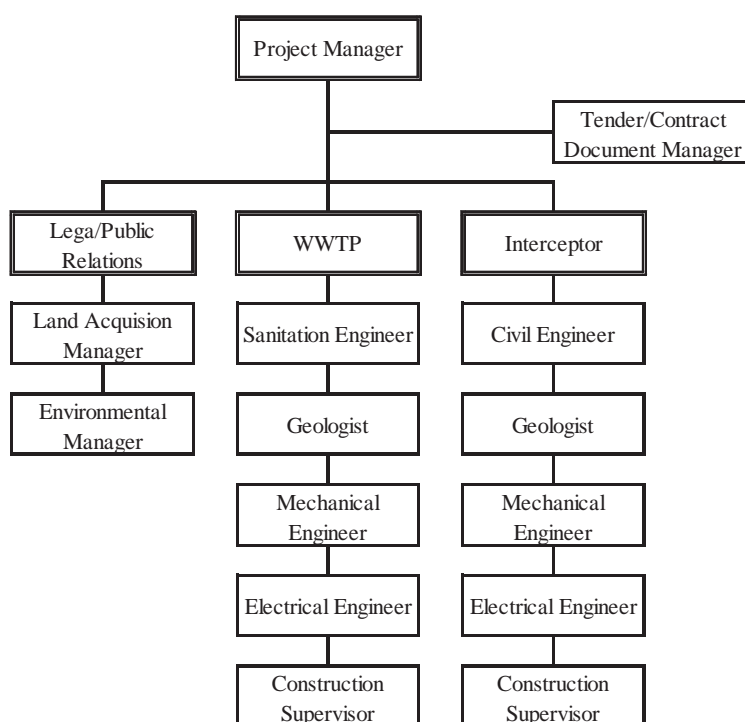


図 S 7 実施体制

S6. 環境社会配慮

環境社会配慮調査は「セ」国環境法制度及び環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン（2002年4月）（以下 JBIC ガイドライン）に基づき実施した。「セ」国では EIA 報告書は F/S 及び予備的設計が Revision Committee により承認された後、詳細設計時に作成されることになっており、土地収用にかかる報告書は必要とされていない。本調査内では JBIC ガイドラインの必要項目に従い予備的 EIA 報告書及び LARAP（土地収用移転計画書）を作成した。

主要な影響及び緩和策を表 S 14 に示す。影響のほとんどは緩和策の適切な実施により軽減可能である。

表 S 14 主要影響及び緩和策

環境項目	影響	緩和策
非自発的住民移転・土地収用	住民移転はない。処理場のために 75ha の土地収用が必要である。251 の所有者がおり、1,250 人が土地収用により影響を受ける。	LARAP（土地収用移転計画書）を作成し、補償方針、受給資格が定められ、土地収用コスト、実施体制について記述されている。
土地利用や地域資源利用	処理場建設により、土地利用が変わり、作物・木等の財産が失われる。	LARAP 実施により適切に補償される。
既存の社会インフラや社会サービス	インターセプターの一部は開削での敷設となるため、交通渋滞による社会インフラサービスへの影響が考えられる。	交通当局と協力し、工事の予定及び代替ルートを適切な時期に広く告知する。警告サインや代替ルートの指示を出すなどして事故防止に努める。
文化遺産	インターセプター No.2 は文化遺産であるベオグラード砦を周る道路下に埋設される。	Belgrade City Institute for Protection of Cultural Monuments に再度建設条件を要請し、それに従い建設する。工事には専門家の立ち会いが求められる。
事故	建設時の事故の危険性がある。特に Interceptor No.2、3、4 は開削による施工のため、交通阻害による事故が起こりうる。	建設期間中の事故削減計画は、Law on Occupational Safety and regulation on Occupational Safety for Construction Works に基づき建設業者が作成する。市民への対策については「既存の社会インフラや社会サービス」に記載の通りである。
土壌侵食	WWTP 予定地は洪水が起こる土地である。WWTP を洪水による土壌侵食から保護するために、残りの部分の護岸が必要である。	河岸の護岸については F/S の設計に含まれている。詳細設計時に見直しを行い、建設業者は設計に従い工事を行う。
保護区	Ušće ポンプ場はベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置している。	Revision committee による F/S 調査結果の審査中に、建設に対する条件が Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management から決定され、それに従い建設する。
大気汚染	建設重機や機械の運転により、建設地周辺に粉塵が拡散する。	最優良事例の建設方法を活用することで影響を最小化できる。これは詳細設計時に決定される。施工業者は使用する建設重機や機械を良い状況に保つ。粉塵の防止のためには建設現場に散水する、トラックでの運搬にはカバーをする等の措置を取る。
水質汚濁	Ušće ポンプ場はベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置しており、RB-2 井戸は 500m、RB-4 井戸は 750m のところに位置している。施設が適切に運転されている限り、地下水質に影響は及ぼさない。ただしポンプの故障や施設の不適切な運営による汚染源の流出により、汚染物質が井戸に到達する恐れがある。	地下水質の監視を含む適切なモニタリング計画が、詳細設計時に作成される必要がある。監視機器は十分な数が設置されなければならない。下水処理場で発生する処理水は「セ」国の基準を満たすものであり、放流先へ影響を及ぼすことはない。処理水の水質は毎日検査される。
廃棄物	建設による建設廃棄物が出る。処理場運転により汚泥が生成する。	汚泥はある一定の基準を満たせば農地利用できるため、農地適用できる基準であった場合には農地活用を推進する。Waste Management Law により、Waste Management Plan 作成が義務付けられている。この計画は建設時には施工業者により、運転時には施設管理者の BVK により作成されなければならない。建設廃棄物及び汚泥はその計画に従い適切に処理されなければならない。
騒音・振動	建設時に建設重機・機械による騒音・振動が想定される。運転時には、ポンプ場のジェネレーター等の下水システムの運転により騒音・振動が想定される。	工事による一時的な騒音は、基準値以下になるよう重機・機器の適切な維持管理及び運転により制御されなければならない。運転時には、ポンプ場において騒音が発生するが、ポンプは建物内かつ地下に設置されているため、これにより騒音は軽減される。騒音レベルが法で定められた基準以下になるよう詳細設計時に確認する。
悪臭	下水システムにおいて、汚水流入口、沈砂池、スクリーン、砂・ゴミの取り扱い、脱水等の作業において悪臭を発生する。	悪臭を発生するであろう施設は基本的には建物内に位置しており、その中では換気が行われ、必要な箇所には脱臭装置が設置される。そのため、通常の維持管理により悪臭は軽減され、大きな影響は及ぼさない。必要機器については詳細設計時に再考される。

S7. 結論と提言

本調査では、ベオグラード市下水道整備事業の準備調査において、下水道施設計画を作成した。現在河川へ未処理で直接排出されている中央処理区の汚水を下水処理場へ運び、EU 指令で定められている基準まで処理するため、インターセプター、ポンプ場及び Veliko Selo 下水処理場にかかる施設計画を作成し、事業費を積算した。

プロジェクト全体の事業費は、現在利用可能とされている資金を上回るということが判明したことから、実施可能なプロジェクト規模にするために、施設の段階的整備を提案した。事業効果・優先性・投資効果の観点から、第 1 期事業として、Mokrolung 区域を除くサヴァ川右岸の中央処理区の汚水（中央処理区の汚水量 52%に相当）を収集する施設、及びそれを処理する Veliko Selo 下水処理場を最適な施設とした。この結果、プロジェクトは利用可能な資金内に収まり、経済・財務的、環境社会配慮上、実施可能と判断された。

ベオグラード市の下水道施設改善プロジェクトはインターセプターNo.5 及び No.7 を建設した 1990 年から始まっており、現在インターセプターNo.8 及び No.9 を建設している。第 1 期事業が実施されなければ、20 年以上前に建設された施設、そして建設している施設は非稼働の状態のままになる。それゆえ、第 1 期事業の早期実現が強く望まれる。

プロジェクトの早期実現に向けて、「セ」国政府、ベオグラード市、LDA（ベオグラード市都市開発公社）、BVK（ベオグラード市上下水道公社）及び関係機関は、各組織の権限に従い以下の主体的な行動を取ることが求められる。

<セルビア国政府への提言>

プロジェクトはベオグラード市に属することから、市はプロジェクトの実施及びプロジェクト施設の運営に全責任を有する。しかしながら、環境改善への貢献、及び国是である EU 加盟の必要条件の履行というプロジェクトの目的を鑑み、「セ」国政府はプロジェクト着手・実施のための迅速な許認可手続き、及び外国、国際資金提供機関との協定の促進を主導する必要がある。また政府は、環境保護・EU 加盟という国家政策に資するプロジェクトであることから、補助金等によるプロジェクト資金提供についての負担を担うべきである。

<ベオグラード市への提言>

ベオグラード市は、ベオグラード市がローンの借手であった場合でも中央政府が借手であった場合でも、プロジェクトコストの融資非適格項目部分に関する資金調達の責任を負うと考えられる。市がローンの借手であった場合、外国ローンは政府の補償（sovereign guarantee）が必要であることから、ローンの申請・交渉に際し、政府と市の緊密な連携が必要とされる。プロジェクト実施及び運営においては、市の下部機関である LDA が実施の、BVK が下水処理施設運営の責任を持つことになる。市はこれら組織の先導だけではなく、政府、関連省庁、関連する市の組織の連携においても主導権を取ることが必要である。

さらに、市は下水処理施設の健全な経営のために水道・下水道料金の決定においても責任を有する。

<LDA への提言>

LDA はプロジェクト準備・実施に当たり主要な役割を果たす。準備段階では、許認可手続き、資金調達、資金提供機関との交渉といった多くの行動が必要であるが、これらについては LDA の権限外であるが、行動を起こすための首唱者とならなければならない。実施段階では、LDA は文字通り実施者である。プロジェクト実施に係る全ての行動は LDA の責任であり、LDA 内の各部署に役割が振り分けられる。それゆえ、プロジェクト実施に必要となる全ての機能・責任を集めた PIU（プロジェクト実施ユニット）の設立が強く推奨される。

<BVK への提言>

BVK はプロジェクトにより建設された施設の維持管理の責任を有する。現在 BVK は下水処理場を除く下水施設の維持管理を行っている。下水処理場は新しい施設であり、その維持管理のために技術と人的資源が必要となる。BVK は技術研修を受けた必要な人材を配置した、下水処理場維持管理のための新しい部署を設立しなければならない。おそらく、インターセプター及びポンプ場の維持管理部門についても拡張が必要となる。BVK は独立経営組織として、下水道施設の健全な経営の責任も負う。本調査では、下水道料金を現行から 23% 値上げすることで財務的に実行可能であると結論している。それゆえ、BVK は料金値上げ手続きに備える必要がある。逡増型料金制度の導入は低所得者層に対する料金値上げの影響を軽減することができる 1 つの選択である。

セルビア国
ベオグラード市下水道整備事業
準備調査報告書

VOLUME I 要約・メインレポート

目 次

位置図
要約
目 次
表目次
図目次
略語集

1.	序文	1-1
1.1	調査の背景・経緯.....	1-1
1.2	調査の目的.....	1-1
1.3	調査の対象施設.....	1-2
1.4	調査実施体制.....	1-2
1.5	全体工程.....	1-4
1.6	報告書.....	1-4
2.	事業背景と基礎情報	2-1
2.1	セルビア国の水環境管理.....	2-1
2.1.1	水環境管理の概要.....	2-1
2.1.2	水環境管理に関する法制度.....	2-3
2.1.3	セルビアの下水道整備計画と現状.....	2-6
2.1.4	Subotica 下水処理場.....	2-8
2.2	ベオグラード市の水環境管理.....	2-9
2.2.1	ベオグラード市の地勢等.....	2-9
2.2.2	公共用水域の水質現況（ドナウ川、サヴァ川の水質）.....	2-12
2.2.3	ベオグラード市の水質管理.....	2-14
2.2.4	水質管理に関する課題.....	2-19
2.3	ベオグラード市の既存下水道.....	2-19
2.3.1	ベオグラード市都市計画.....	2-19
2.3.2	ベオグラード市下水道計画.....	2-22
2.3.3	Central 処理区の既存下水道施設.....	2-25

2.4	既存調査のレビュー	2-36
2.4.1	既存調査のレビュー及び計画フレームの確認	2-36
2.4.2	下水道整備計画	2-50
3.	本邦技術視察	3-1
3.1	背景・目的	3-1
3.2	視察者・視察日程	3-1
3.3	視察施設の概要	3-2
4.	インターセプターの施設計画	4-1
4.1	既存調査の設計、仕様等のレビュー	4-1
4.2	インターセプターNo.1 の代替案の検討	4-5
4.2.1	前提条件	4-6
4.2.2	代替案の検討	4-8
4.2.3	代替案の評価方法	4-13
4.2.4	検討結果	4-13
4.3	代替案の選定	4-16
4.4	施設計画	4-16
4.4.1	施工方法の検討	4-16
4.4.2	本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(管きょ)	4-37
5.	ポンプ場の施設計画	5-1
5.1	既存施設計画及び既存調査の設計、仕様等のレビュー	5-1
5.2	施設計画	5-2
5.2.1	施設計画の検討方針	5-2
5.2.2	New Ušće ポンプ場の施設計画	5-2
5.2.3	Mostar ポンプ場の施設改善計画	5-10
5.2.4	本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(ポンプ場)	5-19
6.	Veliko Selo 下水処理場の施設計画	6-1
6.1	設計諸元	6-1
6.1.1	Veliko Selo 下水処理場の概要	6-1
6.1.2	設計水質	6-1
6.1.3	設計水量	6-2
6.2	汚水処理方式の選定	6-2
6.2.1	二次処理方式(栄養塩類の除去プロセス)	6-3
6.2.2	汚水処理方式の代替案	6-9
6.2.3	嫌気無酸素好気法の技術的特徴	6-11
6.2.4	ステップ流入式多段硝化脱窒法の技術的特徴	6-13
6.2.5	担体添加活性汚泥法の技術的特徴	6-15

6.2.6	汚水処理方式代替案の比較	6-17
6.2.7	汚水処理方式の代替案の費用分析	6-24
6.2.8	汚水処理方式の処理性分析	6-25
6.2.9	ろ過方式の代替案	6-31
6.2.10	ろ過方式代替案の比較	6-32
6.2.11	ろ過方式代替案の費用分析	6-37
6.2.12	散気装置の代替案	6-38
6.2.13	散気装置代替案の比較	6-39
6.2.14	散気装置代替案の費用分析	6-43
6.3	汚泥処理方式の選定	6-44
6.3.1	下水汚泥のエネルギー利用の検討	6-45
6.3.2	燃料化汚泥の需要調査	6-47
6.3.3	汚泥燃料化の導入時期の提案	6-48
6.3.4	脱水機の代替案	6-50
6.3.5	脱水機代替案の比較	6-51
6.3.6	脱水機代替案の費用分析	6-55
6.4	処理方式最適案の提案	6-56
6.5	施設計画	6-58
6.5.1	施設計画の基本方針	6-58
6.5.2	施設計画の基本方針	6-58
6.5.3	水位高低計画	6-60
6.5.4	施設配置計画	6-60
6.5.5	電気システム計画	6-64
6.5.6	監視制御計画	6-67
6.5.7	コージェネレーションシステム	6-70
6.5.8	生物処理の運転管理	6-73
6.5.9	施設設計の概要	6-75
7.	概算事業費の算定と実施計画	7-1
7.1	概算事業費	7-1
7.1.1	概算事業費の算定条件	7-1
7.1.2	建設工事費の算定条件	7-1
7.1.3	概算事業費の算定	7-2
7.1.4	運転・維持管理費の算定	7-4
7.2	段階的整備計画	7-5
7.2.1	段階的整備の必要性	7-5
7.2.2	下水道システムの段階的整備計画	7-5
7.2.3	Veliko Selo 下水処理場の段階的整備計画	7-17
7.2.4	第1期事業のコンポーネント	7-17
7.3	第1期事業の概算事業費	7-18

7.3.1	第1期事業の概算事業費の算定	7-18
7.3.2	第1期事業の運転・維持管理費の算定	7-21
7.4	第1期事業の事業実施計画の策定	7-22
7.4.1	事業の実施工程	7-22
7.4.2	事業の年次別実施費用	7-24
7.5	コンサルティングサービス	7-26
7.5.1	必要なコンサルティングサービス	7-26
7.5.2	技術支援	7-28
8.	経済財務分析/組織制度	8-1
8.1	収入および経済便益	8-1
8.1.1	処理量	8-1
8.1.2	支払い意思額調査	8-1
8.1.3	追加料金および経済便益	8-1
8.2	投資	8-3
8.2.1	投資の範囲	8-3
8.2.2	再投資	8-4
8.3	運転保守費用	8-4
8.3.1	給与/日当	8-5
8.3.2	スペアパーツ	8-6
8.3.3	インターセプターの清掃	8-7
8.3.4	電力料金	8-7
8.3.5	凝集剤	8-8
8.3.6	汚泥廃棄費用	8-8
8.3.7	その他のOMコスト	8-8
8.3.8	運転保守費用のまとめ	8-8
8.4	財務分析	8-9
8.5	経済評価	8-11
8.6	財政的持続可能性	8-13
8.6.1	前提条件	8-13
8.6.2	分析表の構造	8-13
8.6.3	債務返済可能料金	8-18
8.6.4	公的資本補助での債務返済可能料金	8-18
8.6.5	支払い可能料金	8-19
8.6.6	ベオグラード市及びベオグラード上下水道公社の債務負担	8-19
8.7	上下水道関連組織	8-20
8.7.1	ベオグラード上下水道公社(BVK)	8-20
8.7.2	ベオグラード市都市開発公社(LDA)	8-33
8.7.3	ベオグラード市	8-35
8.8	実施体制	8-43

8.9	リスク分析と対策	8-47
8.10	運用効果指標	8-49
9.	クリーン開発メカニズム (CDM)	9-1
9.1	セルビア国における CDM プロジェクト実施に係る制度 及び法的枠組み	9-1
9.2	DNA の構成	9-1
9.3	セルビア国登録 CDM プロジェクト	9-2
9.4	ベースラインの設定 (CDM プロジェクト立案)	9-2
9.4.1	プロジェクトの具体的な内容	9-2
9.4.2	ベースライン方法論の検討	9-4
9.4.3	ベースラインシナリオの検討と追加性の検証	9-12
9.4.4	リーケージとプロジェクト境界の検討	9-15
9.4.5	ベースライン排出量の試算	9-17
9.4.6	プロジェクト排出量の試算	9-18
9.5	モニタリング計画	9-19
9.5.1	モニタリング方法論の検討	9-19
9.5.2	モニタリング項目の検討	9-19
9.5.3	モニタリング結果による排出削減量の計算	9-20
9.5.4	モニタリングにおける品質管理／保証	9-20
10.	環境社会配慮	10-1
10.1	環境関連法制度	10-1
10.1.1	環境関連法令	10-1
10.1.2	「セ」国の EIA 手続き	10-3
10.1.3	「セ」国法制度と JBIC ガイドラインの相違及び 本プロジェクトでの方針	10-4
10.2	土地収用に係る法制度	10-5
10.2.1	主要法制度	10-5
10.2.2	土地収用法 (Law on Expropriation)	10-6
10.2.3	JBIC ガイドラインにおける土地収用方針	10-7
10.2.4	「セ」国法制度と JBIC ガイドラインとの乖離	10-7
10.2.5	本プロジェクトにおける土地収用方針	10-11
10.3	環境・社会ベースラインデータ	10-11
10.3.1	地形	10-11
10.3.2	地質	10-11
10.3.3	気候	10-11
10.3.4	大気環境	10-12
10.3.5	環境雑音	10-13
10.3.6	河川水質	10-14

10.3.7	人口	10-14
10.3.8	土地利用	10-14
10.3.9	文化遺産	10-15
10.4	予備的 EIA 調査結果	10-16
10.4.1	代替案分析	10-16
10.4.2	スコーピング、評価、緩和策	10-16
10.4.3	モニタリング計画	10-23
10.4.4	ステークホルダー協議	10-26
10.4.5	環境チェックリスト	10-26
10.4.6	環境モニタリングフォーム	10-30
10.5	LARAP 調査	10-34
10.5.1	土地収用予定地	10-34
10.5.2	LDA による過去の土地収用	10-35
10.5.3	土地収用の規模	10-36
10.5.4	社会経済調査	10-38
10.5.5	受給資格	10-38
10.5.6	実施体制	10-40
10.5.7	住民協議	10-42
11.	結論と提言	11-1

表目次

表 2.1	26 下水処理場の現況.....	2-7
表 2.2	下水管きょ延長.....	2-8
表 2.3	気象データ（1887～2002 年）.....	2-11
表 2.4	センサスによる人口推移（1961 年～2002 年）.....	2-11
表 2.5	各測定点での河川水質区分.....	2-14
表 2.6	工場排水管理の概観.....	2-16
表 2.7	ベオグラード市を構成する基礎自治体.....	2-21
表 2.8	2001 年及び 2021 年土地利用計画.....	2-22
表 2.9	下水道整備区域面積.....	2-23
表 2.10	集水分区名.....	2-23
表 2.11	既存下水管きょの管径別延長.....	2-25
表 2.12	Ušće PS 集水区の下水道接続率.....	2-27
表 2.13	Mostar PS 集水区域の下水道接続率.....	2-30
表 2.14	Mokrolug Collector 集水区の下水道接続率.....	2-32
表 2.15	Danube 集水区域の下水道接続率.....	2-33
表 2.16	集水分区別推定人口（2007 年）.....	2-37
表 2.17	集水分区別計画人口.....	2-38
表 2.18	浄水量（2011 年）.....	2-39
表 2.19	浄水量、配水量および有収水量の推移.....	2-40
表 2.20	家庭用水の 1 人 1 日平均使用量の推移.....	2-41
表 2.21	商業・工業用水等の 1 人 1 日平均使用水量.....	2-41
表 2.22	1 人 1 日平均使用水量.....	2-43
表 2.23	計画汚水量（生活・営業・工業等）.....	2-43
表 2.24	計画水量（浸入水量）.....	2-44
表 2.25	Central 処理区の計画フレーム.....	2-45
表 2.26	変動率(生活・営業・工業).....	2-46
表 2.27	浄水量の年間変動.....	2-46
表 2.28	変動率(浸入水).....	2-47
表 2.29	Ušće PS 集水区域の計画水量.....	2-47
表 2.30	Mostar PS 集水区域の計画水量.....	2-47
表 2.31	Mokrolug Collector 集水区域の計画水量.....	2-48
表 2.32	Danube 集水区域の計画水量.....	2-48
表 2.33	MP2021 における汚濁負荷量測定結果.....	2-48
表 2.34	計画流入水量.....	2-49
表 2.35	計画汚濁負荷量.....	2-49
表 2.36	Mostar PS 集水区域からの計画汚水量.....	2-51
表 2.37	Mokrolug Collector からの計画流量（インターセプター No.10 の起点）.....	2-52

表 2.38	Bulbuder Collector 集水分区からの計画水量.....	2-54
表 2.39	Mirijevo Collector 集水分区からの計画水量.....	2-54
表 2.40	Železnička PS 地区からの計画水量.....	2-55
表 2.41	Dorčol PS 地区からの計画水量.....	2-55
表 2.42	Pristaniste PS 地区からの計画水量.....	2-55
表 2.43	居住人口比.....	2-56
表 2.44	Slanci/Veliko Selo 地区からの計画水量 (1).....	2-56
表 2.45	Slanci/Veliko Selo 地区からの計画水量 (2).....	2-56
表 2.46	その他の地区からの計画水量.....	2-56
表 2.47	インターセプターの既存計画の整備方針.....	2-58
表 2.48	集水区域別の計画水量.....	2-60
表 2.49	Central 処理区の下水道整備項目.....	2-61
表 4.1	インターセプターの整備状況.....	4-1
表 4.2	インターセプターの整備方針.....	4-3
表 4.3	インターセプターの流量計算結果.....	4-4
表 4.4	基本設計で提案された施工工法.....	4-5
表 4.5	計画水量.....	4-6
表 4.6	設計指針値.....	4-7
表 4.7	勾配別の最小流速 (粒径 1mm ; 比重 2.65).....	4-7
表 4.8	管径別管内流速.....	4-8
表 4.9	代替案.....	4-9
表 4.10	ケーシング及び管廊の概要.....	4-9
表 4.11	河川横断部の圧送管の維持管理性.....	4-10
表 4.12	構造物及び汚水管きよの耐用年数.....	4-12
表 4.13	耐用年数.....	4-12
表 4.14	リスクの評価.....	4-14
表 4.15	環境配慮の評価.....	4-15
表 4.16	最適案の選定.....	4-16
表 4.17	発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.1).....	4-18
表 4.18	インターセプターNo.2 の施設概要.....	4-21
表 4.19	発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.2).....	4-23
表 4.20	インターセプターNo.3 の施設概要.....	4-24
表 4.21	インターセプター No.4 の施設概要.....	4-25
表 4.22	インターセプター No.6 の施設概要.....	4-27
表 4.23	発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.6).....	4-27
表 4.24	インターセプターNo.10 の施設概要.....	4-29
表 4.25	発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.10).....	4-30
表 4.26	インターセプターNo.10 への接続管の施設概要.....	4-32
表 4.27	発進・到達立坑の形状 (接続管).....	4-33
表 4.28	インターセプターNo.5, No.7, No.8 and No.9 の施設概要.....	4-35

表 4.29	本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(管きよ).....	4-37
表 5.1	本調査対象であるポンプ場の概要.....	5-1
表 5.2	New Ušće PS の計画水量.....	5-3
表 5.3	ポンプ場の問題点と対応策.....	5-5
表 5.4	除砂能力の検証.....	5-6
表 5.5	建屋の評価.....	5-11
表 5.6	設備の評価.....	5-12
表 5.7	土木施設の状況.....	5-14
表 5.8	建築設備の状況.....	5-15
表 5.9	機械設備の状況.....	5-16
表 5.10	電気設備の状況.....	5-17
表 5.11	本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(ポンプ場).....	5-19
表 6.1	Veliko Selo 下水処理場.....	6-1
表 6.2	計画水質.....	6-2
表 6.3	汚水流入予測.....	6-2
表 6.4	比較検討の必要な理由.....	6-3
表 6.5	窒素の除去プロセス原理.....	6-4
表 6.6	浮遊生物を利用した処理の分類.....	6-5
表 6.7	処理方式の原理・特徴.....	6-5
表 6.8	リンの処理プロセス原理.....	6-6
表 6.9	栄養塩類(窒素・リン)の除去可能な処理方式の概要と特徴.....	6-7
表 6.10	膜分離活性汚泥法の概要.....	6-8
表 6.11	ベオグラード市の降雨日数 (10mm 以上).....	6-10
表 6.12	嫌気無酸素好気法の各槽内におけるプロセス.....	6-12
表 6.13	理論窒素除去率.....	6-14
表 6.14	担体添加活性汚泥法の優位点.....	6-16
表 6.15	担体添加活性汚泥法の運転管理.....	6-17
表 6.16	汚水処理方式の比較表 (A2O 法).....	6-18
表 6.17	処理水質の平均値.....	6-25
表 6.18	除去率.....	6-28
表 6.19	Istovori 監視地点の汚水温度.....	6-30
表 6.20	新技術の説明.....	6-32
表 6.21	ろ過方式の比較表 (砂ろ過).....	6-34
表 6.22	新技術の説明.....	6-39
表 6.23	散気装置の比較表 (微細気泡散気装置).....	6-40
表 6.24	バイオガス利用技術の概要及び熱収支.....	6-45
表 6.25	炭化技術のケーススタディ.....	6-46
表 6.26	造粒乾燥技術導入のケーススタディ.....	6-47
表 6.27	燃料化汚泥の需要調査結果.....	6-48
表 6.28	汚泥燃料化の導入に対する課題.....	6-49

表 6.29	有害物質の基準値	6-49
表 6.30	脱水機の新技術の説明	6-51
表 6.31	脱水機の比較表（ベルトプレス脱水機）	6-52
表 6.32	各処理プロセスの概要	6-57
表 6.33	設計基準	6-58
表 6.34	配電システムの代替案	6-64
表 6.35	スタンバイ発電システムの代替案	6-65
表 6.36	電気システムの代替案	6-65
表 6.37	計装機器の管理内容	6-74
表 6.38	計画施設の概要	6-76
表 7.1	概算事業費の内訳	7-3
表 7.2	運転・維持管理の内訳	7-5
表 7.3	集水区域別の計画水量	7-6
表 7.4	主な吐口とそれに属する集水分区	7-7
表 7.5	各集水区域及び集水グループの事業効果及び整備優先順位	7-14
表 7.6	各オプションの投資額及び投資効果の比較	7-15
表 7.7	各オプションの総合評価	7-16
表 7.8	第1期事業の概算事業費の内訳	7-19
表 7.9	融資適格項目の費用	7-21
表 7.10	融資非適格項目の費用	7-21
表 7.11	第1期事業の運転・維持管理の内訳	7-22
表 7.12	実施スケジュール	7-22
表 7.13	コンサルタント選定の詳細な実施スケジュール	7-23
表 7.14	請負業者選定の詳細な実施スケジュール	7-23
表 7.15	建設工事の実施スケジュール	7-24
表 7.16	年次別支出計画	7-25
表 7.17	コンサルティングサービス	7-27
表 7.18	技術支援	7-28
表 8.1	下水処理量の計画	8-1
表 8.2	平均25%上昇させる場合の下水道処理料金	8-2
表 8.3	財務・経済投資コスト- 第1期事業	8-4
表 8.4	給与・日当 第1期事業	8-5
表 8.5	給与・日当 第2期事業	8-5
表 8.6	セルビア国の失業率の推移（2005年 - 2013年）	8-6
表 8.7	機械/電気設備のスペアパーツ年間必要額	8-6
表 8.8	汚泥処理(フィルタ/スクリーンプレス)のスペアパーツ費	8-6
表 8.9	年間インターセプター清掃費用	8-7
表 8.10	施設別の必要電力量	8-7
表 8.11	凝集剤費用	8-8
表 8.12	汚泥廃棄費用	8-8

表 8.13	運転保守費用まとめ	8-8
表 8.14	財務キャッシュフロー表 -第 1 期事業	8-10
表 8.15	経済キャッシュフロー表 - 第 1 期事業	8-12
表 8.16	財務シミュレーション：ケース 1 - 料金 RSD 23/m ³ 円借款完済	8-14
表 8.17	財務シミュレーション：ケース 2- 余剰無し 100% 料金回収・円借款完済	8-15
表 8.18	財務シミュレーション：ケース 3 - 余剰無し, 90%料金回収・円借款完済	8-16
表 8.19	財務シミュレーション：ケース 4 - EUR 40 million 余剰, 90%料金回収・円借款完済	8-17
表 8.20	債務返済の採算可能料金	8-18
表 8.21	資本補助付き債務返済の採算可能料金- 料金回収率 90%	8-18
表 8.22	累進料金の例	8-20
表 8.23	ベオグラード上下水道公社の上水収入	8-24
表 8.24	ベオグラード上下水道公社の下水収入	8-24
表 8.25	ベオグラード上下水道公社料金体系 (2012 年)	8-25
表 8.26	Subotica 市上下水道料金表	8-26
表 8.27	貸借対照表：ベオグラード上下水道公社 (2011 年)	8-27
表 8.28	損益計算書：ベオグラード上下水道公社 (2011 年)	8-28
表 8.29	ベオグラード上下水道公社財務指標	8-30
表 8.30	ベオグラード上下水道公社未収金	8-30
表 8.31	ベオグラード上下水道公社料金回収率	8-31
表 8.32	無収水算定表	8-32
表 8.33	ベオグラード上下水道公社運営指標	8-33
表 8.34	ベオグラード市収支決算書	8-39
表 8.35	ベオグラード市貸借対照表 (1).....	8-40
表 8.36	ベオグラード市貸借対照表(2).....	8-41
表 8.37	ベオグラード市キャッシュフロー表	8-42
表 8.38	ベオグラード市財務分析	8-43
表 8.39	リスク分析と対策	8-47
表 8.40	運用指標	8-49
表 8.41	効果指標	8-49
表 9.1	セルビア国の国連登録 CDM プロジェクト	9-2
表 9.2	ホスト国セルビアで合法的であり得そうなシナリオ	9-13
表 9.3	シナリオの障壁分析	9-14
表 9.4	シナリオの投資分析	9-14
表 9.5	プロジェクト境界内からの排出量	9-16
表 9.6	プロジェクト境界外からの排出源	9-17
表 9.7	リーケージを計算するために必要なモニタリング項目	9-19
表 9.8	モニタリングにおける品質管理/保証	9-20

表 10.1	「セ」国法制度と JBIC ガイドラインの相違及び本プロジェクト方針.....	10-5
表 10.2	「セ」国及び JBIC ガイドラインの乖離分析	10-8
表 10.3	2012 年観測結果.....	10-12
表 10.4	騒音規定	10-13
表 10.5	騒音レベル、2010 年	10-14
表 10.6	スコーピング、評価、緩和策	10-17
表 10.7	モニタリング計画	10-24
表 10.8	チェックリスト	10-27
表 10.9	影響を受ける人々	10-36
表 10.10	収用される土地の全所有地に対する割合	10-37
表 10.11	樹木及び草地.....	10-37
表 10.12	構造物.....	10-37
表 10.13	エンタイトルメント・マトリックス	10-39
表 10.14	費用.....	10-41
表 10.15	LARAP 実施スケジュール	10-42

目次

図 1.1	調査対象施設.....	1-2
図 1.2	調査フロー.....	1-5
図 2.1	Subotica 下水処理場の全景.....	2-9
図 2.2	地質図.....	2-10
図 2.3	風配図及び平均風速（1952年～2002年）.....	2-11
図 2.4	ドナウ川の水質（2011年、ベオグラード市上流 Zemun 地点）.....	2-12
図 2.5	サヴァ川の水質（2011年、ベオグラード市上流 Ostruznica 地点）.....	2-13
図 2.6	ドナウ川の水質（2011年、ベオグラード市下流 Vinca 地点）.....	2-13
図 2.7	ベオグラード市当局の組織図.....	2-14
図 2.8	工場排水箇所.....	2-15
図 2.9	BVK が監視する工場.....	2-18
図 2.10	汚水の直接排水監視地点（8ヶ所）.....	2-18
図 2.11	ベオグラード市基礎自治体.....	2-20
図 2.12	土地利用計画.....	2-21
図 2.13	土地利用計画及び下水道計画区域.....	2-23
図 2.14	既存下水管きょ網.....	2-25
図 2.15	各集水区域の概要.....	2-26
図 2.16	Ušće PS 集水区域の主要な下水道施設.....	2-27
図 2.17	Mostar PS 集水区域の主要な下水道施設.....	2-29
図 2.18	Mokrolug Collector 集水区域の主要な下水道施設.....	2-31
図 2.19	Danube 集水区域の主要な下水道施設.....	2-32
図 2.20	上水道 SCADA システム.....	2-35
図 2.21	都市計画区域内の計画人口（MP2021）.....	2-36
図 2.22	都市計画区域内人口及び下水道計画人口.....	2-37
図 2.23	上水道の原水・送水管模式図.....	2-40
図 2.24	給水量及び使用水量の推移.....	2-42
図 2.25	Central 処理区の下水道整備案.....	2-50
図 2.26	Mokrolug 集水区域の整備方針.....	2-53
図 2.27	Danube 集水区域の整備方針.....	2-57
図 2.28	インターセプターの位置図.....	2-59
図 2.29	既存管路網の模式図.....	2-60
図 2.30	整備位置図.....	2-62
図 2.31	下水道整備完了後（2031年）の管路網の模式図.....	2-63
図 2.32	集水区域別流入水量.....	2-63
図 4.1	インターセプターの整備位置図.....	4-4
図 4.2	河川横断図.....	4-6
図 4.3	圧送管の位置図.....	4-8

図 4.4	通常運転時と維持管理時 (Case-2-2、Case-2-3、Case-2-4)	4-11
図 4.5	建設費.....	4-13
図 4.6	年平均費用.....	4-14
図 4.7	管廊内の配管.....	4-18
図 4.8	インターセプターNo.1 の発進立坑候補地.....	4-19
図 4.9	インターセプターNo.1 の到達立坑候補地.....	4-19
図 4.10	推進工法の適用スパン.....	4-21
図 4.11	推進工法施工部の縦断図.....	4-22
図 4.12	推進工法施工部の平横断図.....	4-22
図 4.13	排水管の発進立坑候補地.....	4-23
図 4.14	インターセプターNo.4 起点部の平面計画.....	4-26
図 4.15	インターセプターNo.6 の発進立坑候補地.....	4-28
図 4.16	インターセプターNo.6 の到達立坑候補地.....	4-28
図 4.17	インターセプターNo.10 起点部の平面計画.....	4-30
図 4.18	インターセプターNo.10 の発進立坑候補地.....	4-31
図 4.19	インターセプターNo.10 の到達立坑候補地.....	4-31
図 4.20	インターセプターNo.10 への接続管の平面計画.....	4-32
図 4.21	インターセプターNo.10 への接続管の発進立坑候補地.....	4-33
図 4.22	インターセプターNo.10 への接続管の到達立坑候補地.....	4-34
図 4.23	現場写真 (インターセプターNo.9)	4-36
図 5.1	本調査対象であるポンプ場の位置図.....	5-1
図 5.2	New Ušće PS の平面計画.....	5-3
図 5.3	割込み人孔の概略図.....	5-4
図 5.4	New Ušće ポンプ場の既存計画.....	5-5
図 5.5	New Ušće ポンプ場計画の改善案.....	5-6
図 5.6	管廊の断面図.....	5-7
図 5.7	管廊内の配管.....	5-8
図 5.8	管廊内の維持管理設備.....	5-8
図 5.9	New Ušće ポンプ場の場内整備図.....	5-10
図 5.10	撮影位置図.....	5-13
図 5.11	自動除塵機の設置図.....	5-18
図 6.1	Pre-F/S with M/P の汚水処理方式.....	6-2
図 6.2	窒素除去機能を有する汚水処理方式の分類.....	6-4
図 6.3	循環式硝化脱窒法の処理フロー.....	6-6
図 6.4	代替プロセスの処理フロー.....	6-10
図 6.5	嫌気無酸素好気法の処理フロー.....	6-11
図 6.6	ステップ流入式多段硝化脱窒法の処理フロー.....	6-13
図 6.7	ステップ流入式多段硝化脱窒法の処理工程.....	6-14
図 6.8	微生物固定化の模式図.....	6-15
図 6.9	担体添加活性汚泥法の処理フロー.....	6-16

図 6.10	初期投資の費用分析.....	6-24
図 6.11	維持管理費の費用分析.....	6-24
図 6.12	現在価値の費用分析.....	6-25
図 6.13	処理水 BOD5 の累積頻度分布	6-26
図 6.14	処理水 CODMn の累積頻度分布.....	6-26
図 6.15	処理水 SS の累積頻度分布	6-27
図 6.16	処理水 TN の累積頻度分布	6-27
図 6.17	処理水 TP の累積頻度分布	6-28
図 6.18	ステップ流入式多段硝化脱窒法の除去率	6-29
図 6.19	嫌気無酸素好気法の除去率.....	6-29
図 6.20	初期投資の費用分析.....	6-37
図 6.21	維持管理費の費用分析.....	6-37
図 6.22	現在価値の費用分析.....	6-38
図 6.23	初期投資の費用分析.....	6-43
図 6.24	維持管理費の費用分析.....	6-43
図 6.25	現在価値の費用分析.....	6-44
図 6.26	Pre-F/S with M/P の汚泥処理プロセス.....	6-44
図 6.27	初期投資の費用分析.....	6-55
図 6.28	維持管理費の費用分析.....	6-55
図 6.29	現在価値の費用分析.....	6-56
図 6.30	処理プロセスの概略フロー	6-56
図 6.31	水位高低計画.....	6-60
図 6.32	計画施設のゾーニング	6-61
図 6.33	汚水系統.....	6-62
図 6.34	汚泥系統.....	6-62
図 6.35	場内整備計画.....	6-63
図 6.35	電気システムの最適案.....	6-66
図 6.38	SCADA システムの最適案	6-70
図 6.39	バイオガスの有効活用.....	6-72
図 6.40	コージェネレーションシステム	6-73
図 6.41	バイオガスの熱収支.....	6-73
図 6.42	計装機器の設置個所.....	6-74
図 6.43	一般配置図.....	6-77
図 6.44	水位高低図.....	6-78
図 6.45	汚水処理フロー	6-79
図 6.46	汚泥処理フロー	6-80
図 7.1	建設工事費の比率.....	7-4
図 7.2	概算事業費の費目別比率.....	7-4
図 7.3	Central 処理区の下水道整備の模式図	7-6
図 7.4	主な放流地点.....	7-8

図 7.5	集水グループ.....	7-9
図 7.6	Mostar ポンプ場周辺の浸水状況.....	7-10
図 7.7	サヴァ川沿いの水道水源（井戸）の位置.....	7-11
図 7.8	ベオグラード市の文化的歴史的遺産.....	7-12
図 7.9	Veliko Selo 下水処理場の第1期事業範囲.....	7-17
図 7.10	第1期事業範囲のコンポーネント.....	7-18
図 7.11	建設工事費の比率.....	7-20
図 7.12	概算事業費の費目別比率.....	7-20
図 7.13	融資適格項目・非適格項目の比率.....	7-21
図 8.1	プロジェクト支払い意思額累計分布.....	8-2
図 8.2	BVK の組織図.....	8-22
図 8.3	下水部門の組織図.....	8-23
図 8.4	インフレーション、一人当たり GDP、上下水道料金の変化.....	8-25
図 8.5	ベオグラード市都市開発公社組織図.....	8-34
図 8.6	実施体制.....	8-45
図 8.7	ベオグラード上下水道公社の下水道部門組織改編案.....	8-46
図 9.1	セルビア国 DNA の構成.....	9-1
図 9.2	Pre-F/S with M/P における下水処理プロセス.....	9-3
図 9.3	Pre-F/S with M/P における下水処理及び汚泥処理工程のフロー.....	9-3
図 9.4	プロジェクト境界.....	9-16
図 9.5	モニタリング計画図.....	9-19
図 10.1	「セ」国 EIA フロー.....	10-3
図 10.2	大気観測箇所.....	10-12
図 10.3	騒音観測地点.....	10-14
図 10.4	文化遺産位置図.....	10-15
図 10.5	処理場予定地土地台帳用地図.....	10-35

略語集

ATP	Affordability to Pay	支払可能額
A2O	Anaerobic Anoxic Oxidic Process	嫌気無酸素好気法
B/C	Benefit Cost Ratio	費用便益比
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
BOCM	Bilateral Offset Credit Mechanism	二国間オフセット・クレジット制度
BVK	Belgrade Waterworks and Sewerage	ベオグラード市上下水道公社
CASP	Conventional Activated Sludge Process	標準活性汚泥法
CAASP	Carrier Added Activated Sludge Process	担体添加活性汚泥法
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CP	Counterpart	カウンターパート
CF	Conversion Factor	換算係数
CVM	Contingent Valuation Method	仮想評価法
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Ratio of Return	経済的内部収益率
ELV	Emission Limit Values	排出限界値
EU	European Union	欧州連合
F.C.	Foreign Currency	外貨
F/S	Feasibility Study	フィージビリティスタディ
FIRR	Financial Internal Ratio of Return	財務的内部収益率
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GOJ	Government of Japan	日本国政府
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
HRT	Hydraulic Retention Time	水理学的滞留時間
ICPDR	International Commission for the Protection of the Danube River	国際ドナウ川保護委員会
IPPC	Integrated Pollution and Prevention Control	統合的汚染防止管理
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ISRBC	International Sava River Basin Commission	国際サヴァ流域委員会
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JST	JICA Study Team	JICA 調査団
L/A	Loan Agreement	借款契約
LARAP	Land Acquisition and Resettlement Action Plan	土地収用移転計画

L.C.	Local Currency	内貨
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト
LDA	Belgrade Land Development Agency	ベオグラード市都市開発公社
MBR	Membrane Bioreactor	膜分離活性汚泥法
M/D	Minutes of Discussion	議事録
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	混合液中浮遊物質
MP	Master Plan	マスタープラン
NPV	Net Present Value	現在価値
ODA	Official Development Aid	政府開発援助
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
PAPs	Project Affected Peoples	プロジェクトにより影響を受ける人々
PDD	Project Design Document	プロジェクト設計書
PE	Population Equivalent	人口当量
PEIA	Preliminary Environmental Impact Assessment	予備的環境影響評価
PFI	Private Finance Initiative	プライベート・ファイナンス・イニシアティブ
PI	Performance Indicator	業務指標
PIU	Project Implementation Unit	プロジェクト実施ユニット
PS	Pumping Station	ポンプ場
RDNP	Recycled Denitrification Nitrification Process	循環式硝化脱窒法
SBR	Sequencing Batch Reactor	回分式活性汚泥法
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition System	監視制御データ収集システム
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境影響評価
SEPA	Serbian Environmental Protection Agency	セルビア国環境保護省
SFDNP	Step Feed Type Denitrification Nitrification Process	ステップ流入式多段硝化脱窒法
SRT	Solids Retention Time	汚泥滞留時間
SS	Suspended Solids	浮遊物
T-N	Total Nitrogen	全窒素
T-P	Total Phosphorus	全リン
WB	World Bank	世界銀行
WFD	Water Framework Directive	水枠組み指令
WTP	Willingness To Pay	支払意思額
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場

1. 序文

1.1 調査の背景・経緯

セルビア国（「セ」国）は、2003年8月に、国際ドナウ川保護委員会（International Commission for the Protection of the Danube River：ICPDR）に加盟し、下水道計画を立案し下水管の布設を進めてきている。しかし、財源不足により下水処理場の建設までには至っておらず、首都ベオグラードにおいても集めた汚水を未処理で河川に放流している状況である。

ドナウ川は国際河川であることから、ベオグラード市の未処理下水が原因で河川水質の悪化を招くと、国際的な問題となる可能性がある。これに加え、表流水、地下水がベオグラード市の水道水源になっていることから、このままの状態が続けば、浄水場処理費の増加や水道水質の悪化が懸念される。

「セ」国はEU加盟を最重要課題としているが、その実現にはEU規則に則った河川水質の確保が必要不可欠である。「セ」国政府は国家計画として、“National Physical Plan of Republic of Serbia”を策定しており、ベオグラード市ではこの国家計画に基づき、2021年を目標とする都市計画マスタープラン「2021年までのベオグラードマスタープラン」を策定し、2003年9月に市議会によって承認されている。この都市計画マスタープランに従い、ベオグラード市上下水道公社は2021年を目標とする下水道マスタープラン「2021年までのベオグラード下水道開発計画」を策定している。

「セ」国政府は、同下水道マスタープランを進めるために「ベオグラード市下水道整備事業」に対する円借款の正式要請を我が国政府に提出している。

「セ」国政府の要請に基づき、我が国政府は本事業に係る準備調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構（JICA）は調査を実施するために調査団を派遣した。本調査の範囲は、2012年2月3日にベオグラード市とJICAの間で合意された合意議事録に基づいて実施するものである。

1.2 調査の目的

本調査は、「セ」国政府から円借款の要請のあったベオグラード市下水道整備事業について、当該事業の目的、概要、事業費算定を含む概略設計、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、事業実施体制（建設および運営・維持管理）、経済的・財務的内部収益率（EIRRおよびFIRR）、環境及び社会面の配慮等、事業実施に必要な事項を調査して提言することを目的とする。

1.3 調査の対象施設

本事業はベオグラード下水道開発計画の Central 処理区における下水道施設を建設するものである。図 1.1 に Central 処理区および主要施設の位置を示す。本調査の対象施設は以下の通りである。

- Veliko Selo 下水処理場
- 下水管渠（次図の No.1～7 および 10）
- Ušće および Mostar ポンプ場
- 汚泥処理施設(Veliko Selo 下水処理場内)

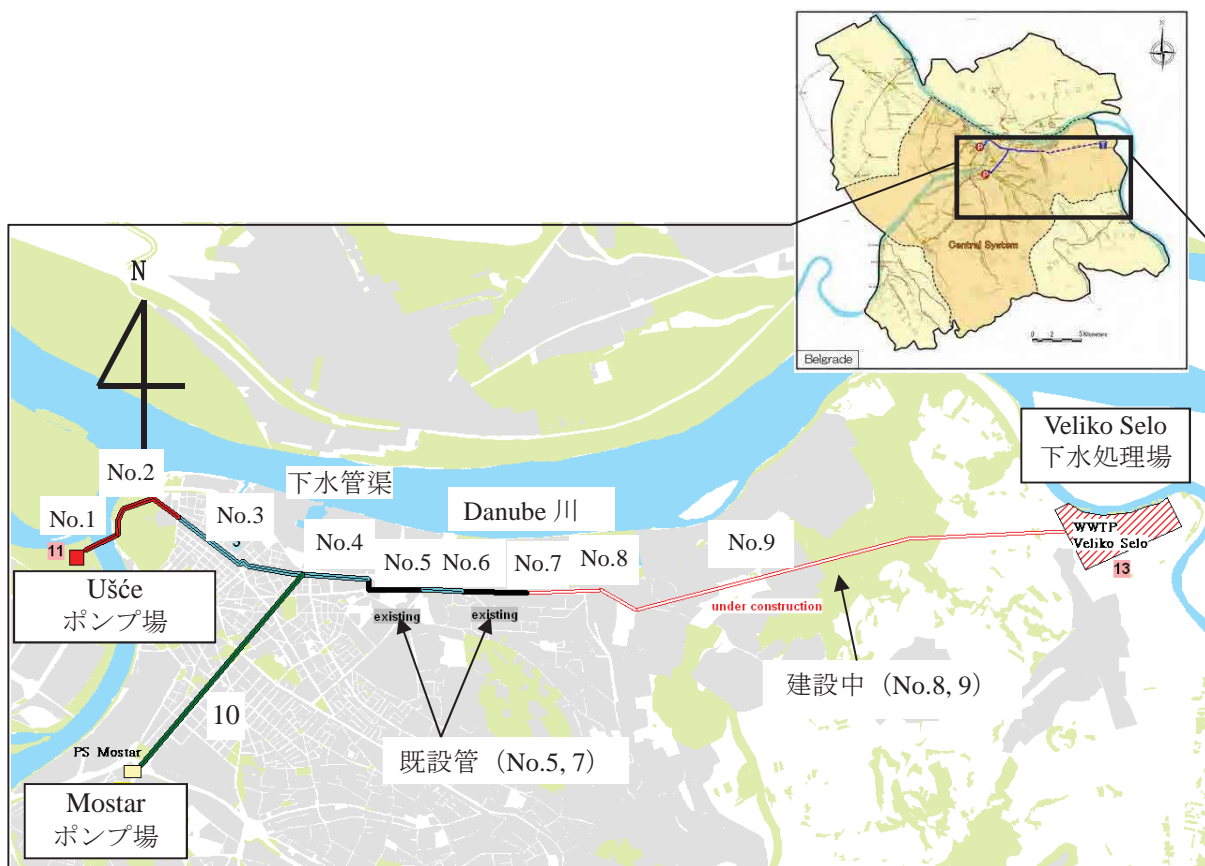


図 1.1 調査対象施設

1.4 調査実施体制

本調査の相手国関連機関は、ベオグラード市（The City of Belgrade）、ベオグラード市都市開発公社（Belgrade Land Development Public Agency : LDA）及びベオグラード市上下水道公社（Belgrade Waterworks and Sewerage : BVK）である。ここで、LDA は施設の建設を担当し、BVK は完成後移管された施設の運転管理を担当する。これらの機関のなかで LDA が JICA 調査団の主カウンターパートである。

LDA、BVKともベオグラード市が出資する公社で、LDAはベオグラード市の都市開発、重要インフラの建設・改築を担当し、BVKは上水道・下水道の運営管理を担当する。

本調査の実施において、LDAはベオグラード市議会議員 Mr. Ozegovic を長とする運営委員会を設置し、調査全体の監理を行うとともに必要な支援・助言を行うこととした。関係機関のメンバーは以下である。

(運営委員会メンバー)

Mr. Željko Ožegović	Member of the City Council
Mr. Borisav Milutinović	Assistant to General Manager for Technical Departments, Belgrade Land Development Public Agency
Ms. Aleksandra Nikolić	Deputy Director of Program and Land Development Preparation Department, Belgrade Land Development Public Agency
Mr. Predrag Bogdanović	Assistant to Managing Director for Development, Design and Investments, Belgrade Waterworks and Sewerage
Mr. Vladimir Janković	Assistant to Managing Director for Sewerage System, Belgrade Waterworks and Sewerage
Ms. Marina Živanović Byrne	Head of Sewerage Development and Design Department, Belgrade Waterworks and Sewerage

(カウンターパート チームメンバー：LDA)

Ms. Mirjana I. Đorđević	Civil Engineering
Ms. Svetlana Kolarž	Mechanical Engineering
Ms. Zorica Sarić	Environmental Study
Ms. Danijela Mišćević	Civil Engineering for Construction

(カウンターパート チームメンバー：BVK)

Ms. Marina Živanović Byrne	Civil Engineer (Sewerage System Development)
Ms. Ana Popović Milijić	Civil Engineer (Water Supply System Development)
Mr. Uroš Urošević	Hydrogeology Engineer (Groundwater Sources Protection and Development)
Ms. Marija Mihajlović	Technology Engineer (Environment and Water Quality)
Mr. Mirko Maksimović	Mechanical Engineer (Wastewater Pump Stations and SCADA)

(JICA 調査団)

担当者	所属	担当分野
武智 昭	(株)TEC インターナショナル	総括
高橋 春城	(株)TEC インターナショナル	副総括/下水道計画
田中 規夫	(株)TEC インターナショナル	機械設備
川崎 滋	(株)TEC インターナショナル	電気設備
安随 幸一郎	(株)TEC インターナショナル	土木
岩本 宏一	(株)TEC インターナショナル	積算/施工計画
西牧 宏	(株)TEC インターナショナル	下水道事業経営・経済財務
山田 紹子	(株)TEC インターナショナル	環境・社会配慮
坂本 吉久	(株)TEC インターナショナル	CDM/JI

1.5 全体工程

本調査の実施工程は、調査の全工程（約10ヶ月）を以下の2段階に分けて実施した。調査フローチャートを図1.2に示す。

第1段階：現況の確認及び事業の概略設計

- ① 既計画のレビュー、基礎情報の収集・調査
- ② 「セ」国側 C/P の本邦招聘による本邦技術の紹介
- ③ 事業の概略設計・比較検討

第2段階：予備設計と事業効果の確認

- ① 最適事業案に係る予備設計及び事業効果の確認
- ② ファイナルレポートの取りまとめ

1.6 報告書

本報告書は、調査結果を取りまとめたものであり、メインレポート、付属資料、図面集から構成される。

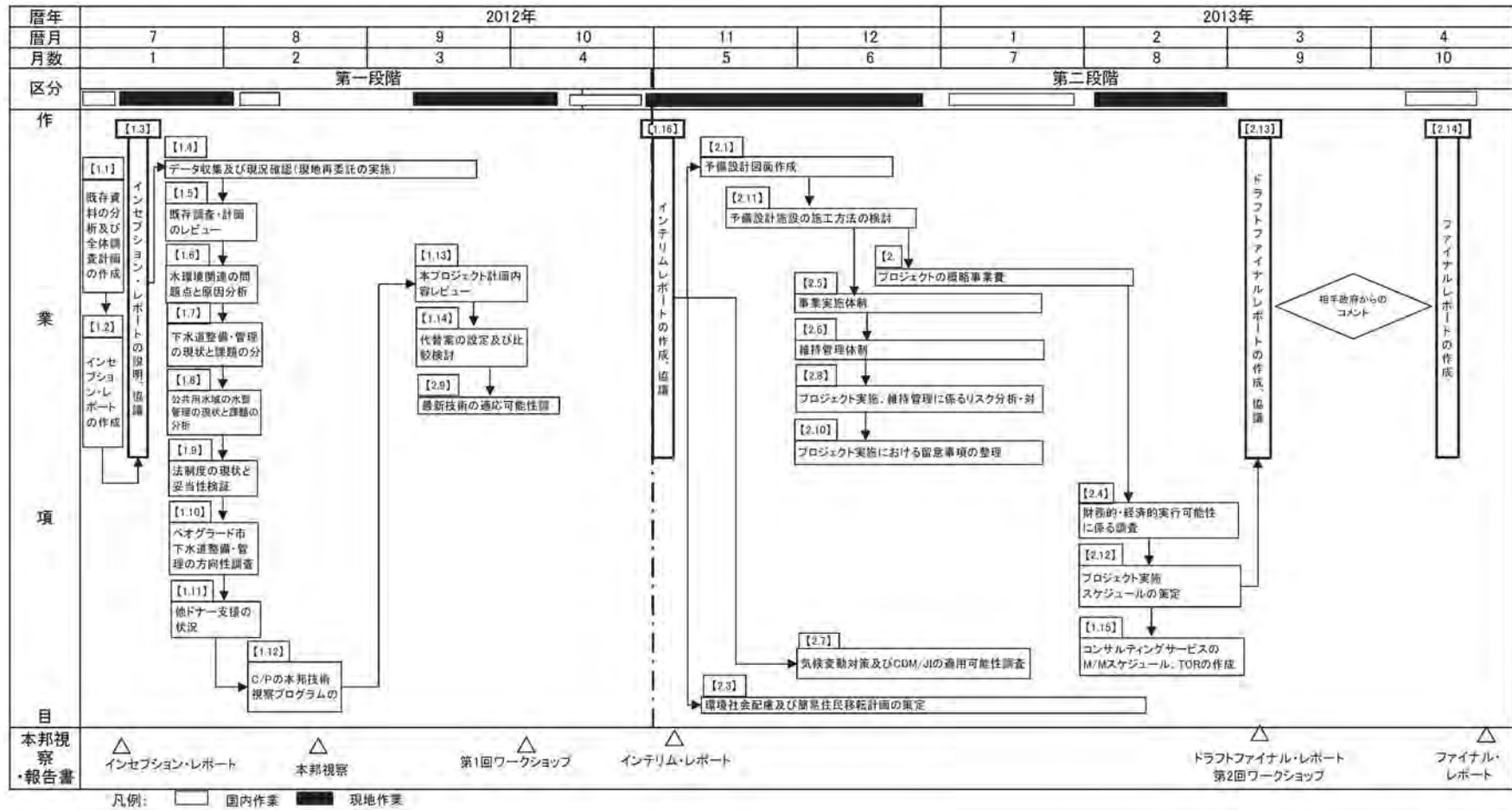


図 1.2 調査フロー

2. 事業背景と基礎情報

2.1 セルビア国の水環境管理

2.1.1 水環境管理の概要

セルビア共和国は、ヨーロッパの南東部、バルカン半島の中心に位置している。ヨーロッパ第2の河川延長(2,850km)を誇るドナウは、セルビア国内を西から東に588kmにわたって流下している。セルビア国内のドナウ川は、ボイボディナ地方(パンノニア平原の南部)を横断し、首都ベオグラードに達し、鉄門を経由してセルビアを離れ、最終的に黒海にそそぐ。セルビア国のドナウ川流域河川には、サヴァ川(国内206km)、ドリナ川(国内220km)、モラバ川(国内308km)があり、主要な水道水源となっている。ドナウ川流域面積は国の87%をカバーしている。

(1) ドナウ川、サヴァ川に係る国際委員会

国際ドナウ川保護委員会(ICPDR)及び国際サヴァ川流域委員会(ISRBC)が、各国のドナウ川及びサヴァ川の水質を監視する機関の業務を調整する国際組織として設置されている。

ICPDRは、ドナウ川保護条約を実施に移すために設立された。この条約はドナウ川流域の国境を越えた水管理協力に関する総合的な法律文書であり、1994年6月29日にブルガリアのソフィアで調印され1998年に発効した。これは、ドナウ川流域内の表流水、地下水が持続的かつ公正に管理され、利用されることを目指している。また、ISRBCは、サヴァ川流域に関する包括協定を実施に移す目的で設立された。

(2) EU指令等EU法との協調

セルビアは現在EU指令等EU法との調整を進めている。セルビア政府は、環境関連の法規制に関して、2008年に採択した持続可能な開発戦略及び2010年に採択した国家環境保護計画を基に環境投資計画を作成しており、EU法との調整が進んでいる。

廃棄物管理に関しては、再利用、リサイクル、回収など廃棄物削減方策などEUの主要政策を反映した法体系に連携してきた。また、梱包廃棄物、特定廃棄物に関するEU法規範及び廃棄物分離に関する法規範なども実施に移している。EU基準に準拠した廃棄物埋立て処分や都市廃棄物の回収率の増加を目指す国家廃棄物管理戦略が2010年5月に採択された。

水質管理に関しては、セルビアでは汚水は都市部の70%以上、地方部の10%以下収集されているが、そのうち10%程度しか処理されていない。セルビアの3大都市(ベオグラード、ニース、ノビサド)には下水処理場がない。そのため、表流水の汚染が進み、特にドナウ川、サヴァ川など大河川の支流の水質が悪化している。一部では飲料水の微生物学的、物

理化学的水質汚染が問題になっている。

セルビアの飲料水法は、大きく水枠組み指令（WFD）など EU 法規範に連携している。これには、上水道サービスに対する原価回収方式、配水区割の再編、所管組織の定義及び権能などが含まれている。今後は地下水汚染防止、地下水監視に関する法規制、硝酸塩指令、都市下水処理指令などは、セルビア国内法に取り込む必要がある。汚染物質の排出限界値に関する法規制の実施及びその順守期限は採択されている。全体的な法的枠組みの順守、WFD の方針の沿った上下水道セクターの組織的な統治、そして著しく遅れているインフラ整備、特に下水道施設の整備は、セルビアにとって重要な挑戦である。

気候変動対策に関しては、いくつか重要な実施項目は残っているが、良好な進捗状況にあると報告されている。セルビアが京都議定書下のクリーン開発メカニズム（CDM）に編入される国家戦略が、2010年2月セルビア政府によって採択された。

(3) 水に関係する政府の新省庁

セルビア政府は、最近 2012 年 7 月 26 日に採択された法律により 17 省に再編された。水管理に関する新省庁は以下のとおりである。

農業・森林・水管理省、共和国水理事会は、法律に従い水管理政策、飲料水の供給（配水は除く）、水質汚濁防止、水質汚濁対策の実施、共和国の水管理体制・境界、水管理査察・監視に関する業務、その他法律に規定する業務を行う。

保健省は、特に飲料水の衛生状態、処理施設、設備機器の衛生状態の管理、そのような施設の定期検査を行う。

エネルギー・開発・環境保護省は、環境保護及び環境監視、特に表流水及び地下水の水質汚濁防止に責任を負う。環境保護庁は、国の環境情報システムの開発、調整、管理を担当している。具体的には、大気及び水質監視、国立研究所の管理、環境関連データの収集処理、データ処理法の開発、欧州環境保護庁や欧州情報・監視ネットワークとの協調及び協力、その他法律に規定する業務を行う。

天然資源、鉱業、国家地域計画省は、特に天然資源（水、大気、土壌、鉱物、森林、魚類、野生植物、野生動物）の持続可能な開発に関連する業務の管理・実施に責任を負う。

地方開発・地方自治省は、特に共和国政府及び国際機関の財政支援による地方及び地域の重要インフラプロジェクトの実現に関する業務を行う。

建設・都市計画省は、特に地域インフラプロジェクトに関する業務を行う。

2.1.2 水環境管理に関する法制度

下水道事業に関係する主たる法律は、以下の4法である。

- 水法（2010年官報30/2010）
- 統合的汚染防止管理法（IPPC法、2004年官報135/2004）
- 廃棄物管理法（2009年官報36/2009、2010年官報88/2010）
- エネルギー法（2011年官報57/2011）

(1) 水法（官報30/2010）

水法の下水道、水質汚濁に関連する部分（一部）は以下のとおりである。

- 1日一人当たりBOD汚濁負荷量を60gと定義する。
- 19条に水事業インフラとして下水道施設（遮集管、下水処理場、汚泥処理施設、処理水放流管、その他）を規定している。
- 第4部に総合的水管理について定義されている。
- 4.3節は水質汚濁防止で、汚染物質の排出限界値（ELV）を、4.3.2で水質汚濁防止計画、4.3.3で汚濁防止手法として、下水処理義務（98条）、放流量・水質の測定義務（99条）、4.3.4で水質監視機関について規定している。

(2) 統合的汚染防止管理法（官報135/2004）

統合的汚染防止管理（IPPC）法は、公共用水域あるいは下水道に排出される工場排水及び有害物質の排出を管理するために、2004年に採択された。この法律は、IPPC免許を取得するためにはIPPC書類の準備及び提出を大工場汚染者に義務付けている。IPPC免許はすべての環境的側面を総合化するもので、工場管理者に4半期あるいは1年ごとに許可時に求められたすべての環境項目を報告する義務を課すものである。しかし、IPPC法の改定によって、この法律の適用は延期され、順守期限は2015年から2020年に延長された。

(3) 廃棄物管理法（官報36/2009、官報88/2010）

廃棄物管理法では、第4条に除外規定を設けており、「汚泥処理施設からの汚泥を除く下水道及び浄化槽からの汚泥」を法の対象から除外しており、処理された汚泥は廃棄物とみなされる。

セルビア廃棄物管理戦略（2010-2019）では、下水汚泥の処分方法を農業利用、焼却、セメント工場、埋立処分に分類している。これは、農用地保護に関するEU指令（86/278/EEC）に従ったものである。また、水法の下での規則で下水汚泥を農業利用する場合の排出限界値（ELV）が規定されている。

(4) エネルギー法（官報 57/2011）

エネルギー法では、第 2 条でバイオマスを生産物の生物分解可能な部分、農業廃棄物（生物、畜産廃棄物）、森林業廃棄物、工業及び都市廃棄物のうち生物分解可能な部分と定義している。

第 4 条には、「本法律の目的からみて、化石燃料、…、下水処理場からの廃棄物、…をバイオマスとしてみなさない」とある。エネルギー・環境省に乾燥汚泥あるいは炭化汚泥までに処理された下水汚泥は代替燃料とみなせるかどうか尋ねたところ、同省からの正式回答は、「現行法に従えば、一度処理された下水汚泥は廃棄物とみなされ、バイオマスあるいは燃料とみなされない。」であった。

(5) 汚染物質の排出限界値（ELV）に関する規則

水質汚濁物質の排出限界値（ELV）及び順守期限に関する規則（官報 67/2011 及び 48/2012）

規則では、以下の 4 分類の ELV 及びその順守期限を定めている。

- 公共下水道に排出される工場排水に対する ELV
- 公共用水域に排出される工場排水に対する ELV
- 公共下水道から公共用水域に排出される処理水に対する ELV
- 公共用水域に排出される浄化槽排水に対する ELV

規則第 3 条第 9 項には、下水処理から発生する残留物とは、下水処理場から発生する処理された汚泥、処理されない汚泥と定義されている。

規則第 8 条は、公共下水道に排出される工場排水に対する ELV について定め、具体的な値は付録 2（第 3 節 表 1）に示されている。

規則第 9 条は、公共用水域に直接排出される工場排水、その他の排水に対する ELV について定め、具体的な値は付録 2（第 1 節及び第 2 節）に示されている。同様に、公共下水道から公共用水域に排出される下水処理水の ELV については、付録 2（第 3 節 表 2、表 3、表 4、表 5、表 6）に示されている。

規則第 15 条は、下水処理場から発生する下水汚泥の ELV について定め、具体的な値は付録 2（第 3 節 表 7）に示されている。この ELV を満足する下水汚泥は、農業や他の用途（埋立処分の覆土、修景など）に利用できる。下水汚泥を利用するためには、病原菌の殺菌や成分調整など処理をする必要がある。なお、工場排水処理過程から発生する汚泥は廃棄物管理法に従って処理する。

規則第 19 条は、これら ELV の達成期限を定めているが、2012 年 5 月にこの達成期限を延

期する改定が採択された。その結果、排水処理施設を持ち、排水を公共用水域あるいは公共下水道に排出する法人、企業、個人はELV規則に従い、遅くとも**2030年12月31日**までにELVを順守する義務を負う。一方、公共用水域に直接処理水を排水する人口当量2千人以上の公共下水処理場は、これを除外され、遅くとも**2045年12月31日**までにELVを順守する義務を負う。また、人口当量2千人未満の集落排水は水管理計画に従う。ただし、新設下水処理場には、供用開始時にELVが適用される。

付録1では、排水中の汚濁物質に関する一般的基準が示されている。

付録2では、第1節に工場排水処理(45業種)に対するELVが、第2節にその他5業種に対するELVが示されている。

付録2、第3節には、公共下水道(地方自治体下水道)に対するELVが示されている。

水質汚濁物質の排出限界値(ELV)に関する規則(官報67/2011)に示されている表1-表7は、Appendix-Iに示す。

(6) 表流水の汚染限界値に関する規則

表流水を汚染する優先有害性物質の限界値及びその順守期限に関する規則(官報50/2012)

この規則は、表流水汚染防止のために優先有害物質に対する環境基準を定める。順守期限については、第6条に、政府が越境汚染によって影響されない表流水の優先物質に関する現況分析を行った後に定めるとされている。それまでは、水中の有害物質に関する規則(官報31/1982)の最大値を準用する。

表流水、地下水、低質の汚染物質限界値に関する規則

この規則は、表流水、地下水、低質の汚染物質限界値及びその順守期限を定めている。

第4条では、表流水の汚染物質限界値を付録1に定めるとし、第5条では、表流水汚染物質の限界値は、表流水の類型(I-V)ごとに、環境及び化学項目、すなわち一般項目、酸素系、栄養塩類、塩類、金属、有機物、微生物学的項目等の指標であるとし、具体的には付録1、表1及び表2、表3に示している。第5章では、この限界値の順守期限を2032年12月31日と定めている。

上述した、表流水の汚染物質限界値に関する規則(官報50/2012)に示されている表1-表3は、Appendix-Iに示す。

2.1.3 セルビアの下水道整備計画と現状

セルビア国家環境保護計画（NEPP、2010年3月12日官報12/2010）は、環境保護に関する目標を設定している。そのうち、上水下水に係る目標を以下に示す。

短期目標（2010-2014）

- 都市下水処理 EU 指令（91/271/EEC）に従い排水基準を導入する。（2011 年末まで）
- 水に関する EU 指令とセルビア国内法を調和させる。
- 硝酸塩に関する EU 指令（91/676/EEC）と国内法を調和させ実施する。

継続目標（2010-2019）

- 未処理で公共用水域に放流されている工場排水及び都市下水量を減らすことによって、河川等の水質を改善する。
- 既存の都市下水処理場の性能向上、更新を進める。
- 10 万人を越える都市下水の収集処理施設を建設する。
- 体系的な上水道施設がない住居地域の汚水、あるいは、水質的に敏感な水域などの公共用水域に直接重大な影響を与える汚水を処理する下水処理施設を建設する。
- 公共下水道の普及率を 65% まで増加させる。

中期目標（2015-2019）

- 水浴用の水質基準を水浴用水質 EU 指令（76/160/EEC）に適合させる。
- 下水処理場から発生する下水汚泥の環境的・技術的に適正な再利用あるいは処分を確立する。

セルビア国内にある 26 下水処理場の現況を表 2.1 に示す。下水処理場のない都市には、ベオグラード市など大都市が含まれる。

表 2.1 26 下水処理場の現況

No	都市名	流域名	計画処理能力(PE)	建設施設処理能力(PE)	接続人口(人)	処理施設効果(PE)	実処理効果(PE)	Remarks
1	Arandjelovac banja	Morava	25,000	25,000	12,155	8,750	4,254	Works with limited capacity
2	Bac	Banat & Backa	13,000	13,000	3,652	5,460	1,534	Not regular maintenance, technical problems during operation
3	Bela Palanka	Morava	20,000	20,000	8,195	11,200	4,589	Constructed 2007.
4	Becej	Banat & Backa	50,000	50,000	10,310	28,000	5,774	Works with reduced capacity, although effect are satisfactory
5	Valjevo	Sava	100,000	100,000	51,880	63,000	32,684	In general satisfactory
6	Velika Plana	Morava	40,000	40,000	11,347	22,400	6,354	Relatively good work with reduced capacity
7	Vlasotince	Morava	20,000	10,000	11,349	4,200	4,767	Problem with operation because of lack of pre-treatment of industrial water
8	Vrsac	Banat & Backa	140,000	90,000	21,974	44,100	10,767	Problem with operation because of lack of pre-treatment of industrial water
9	Gornji Milanovac	Morava	100,000	50,000	23,982	31,500	15,109	Gas line not finished, but operation satisfactory
10	Despotovac	Morava	5,000	5,000	2,836	1,750	993	Works with decreased capacity
11	Dimitrovgrad	Morava	9,500	9,500	6,759	5,320	3,785	Relatively good work
12	Jagodina	Morava	89,000	45,000	32,030	28,350	20,179	Relatively good work
13	Kanjiza	Banat & Backa	8,000	8,000	6,630	4,480	3,713	Overload occasionally. Technical problems with mechanical equipment
14	Kikinda	Banat & Backa	120,000	40,000	24,322	19,600	11,918	Not stabile operation, technical problems
15	Kladovo	Morava	20,000	10,000	7,137	1,000	714	Partially constructed, non satisfactory work
16	Kragujevac	Morava	250,000	125,000	102,461	70,000	57,378	Works with decreased capacity
17	Medvedja	Morava	3,000	3,000	2,529	1,680	1,416	Relatively good operation
18	Paracin	Morava	62,700	29,000	15,175	18,270	9,560	Generally good operation
19	Svilajnac	Morava	10,000	10,000	8,925	4,200	3,749	Works with limited effects
20	Sokobanja	Morava	10,000	5,000	7,735	2,100	3,249	Works with limited effects
21	Sombor	Banat & Backa	180,000	180,000	31,397	100,800	17,582	Problem with operation because of lack of pretreatment of industrial water
22	Stara Moravica	Banat & Backa	5,000	5,000	1,140	1,750	399	Problem with operation because of lack of pretreatment of industrial water
23	Subotica	Banat & Backa	230,000	230,000	59,989	196,650	51,291	Reconstruction finished in 2010, commissioned
24	Surdulica	Morava	22,000	15,000	11,241	5,250	3,934	Reconstructed
25	Topola	Morava	8,000	8,000	3,795	4,480	2,125	Relatively good work
26	Horgos	Banat & Backa	2,000	2,000	2,846	1,120	1,594	Lack of capacity, low standard of treatment
Total			1,542,200	1,127,500	481,791	685,410	279,410	

注記：処理施設効果は、処理施設機能の達成度を PE 換算したもの。実処理効果は、下水道施設機能の達成度を PE 換算したもの。

出典：ドナウ川流域水管理計画；農業・森林・水管理省

2.1.4 Subotica 下水処理場

本調査の下水処理場計画の参考とするため、セルビア国で既に高度処理施設を運転している Subotica 下水処理場の施設を行った。

Subotica 下水処理場は、Subotica 市の南部に位置し、ボイボディナ地方の最も人気のある観光地の一つである Palic 湖に放流している。処理場は、1971 年に Palic 湖で発生した疫病による魚の大量死など生態学的災害がきっかけとなり、1970 年代半ばに建設された。

Subotica の下水管きょ網は、汚水と雨水を同一管きょで収集する合流式で整備されている。都市域は 8 つの排水区に分割され、自然流下で下水を収集している。下水管きょ網の全延長は、表 2.2 に示すように約 240km で、計画区域の 60% をカバーしている。下水管きょ接続数は 17,750 世帯である。

表 2.2 下水管きょ延長

No.	管きょ材料	延長
1	鉄筋コンクリート	5,459 m
2	ポリエチレン (PE)	1,509 m
3	アスベスト	98,234 m
4	コンクリート	41,941 m
5	陶管	169 m
6	ポリ塩化ビニール (PVC)	79,834 m
7	石積	12,388 m
	合計	239,534 m

出典：Subotica 市

第 1 期の処理能力は 27,000 m³/日で、標準活性汚泥法で設計された。当初の施設は、リフトポンプ、前処理施設（機械スクリーン、除砂装置）、処理施設（最初沈殿池 1 池、エアレーションタンク 2 槽、最終沈殿池 3 池）から構成されていた。その後、ラグーン 3 池が連続的に付加されていたが、顕著な処理効果はみられなかった。

Subotica 市は、処理能力の増強及び窒素リン除去を行うことを決めた。「Subotica 下水処理場処理性能向上・拡張」プロジェクトと名付け、2007 年に実施に移された。プロジェクトの目的は以下のとおりである。

- 処理能力を、27,000 m³/日から 36,000 m³/日に増やす。
- EU 指令に沿って、窒素リン除去を行う。
- 下水処理システムのエネルギー効率を向上させる。
- 安全で最新技術を取り入れた汚泥処理施設を導入する。

- ▶ Palic 湖の水質を保全し改善する。

このプロジェクトを実施するために、約 18 百万ユーロが投じられた。約半分は EBRD（欧州復興開発銀行）の融資で、5 百万ユーロが EU の資金供与で賄われ、Subotica 市は 3 百万ユーロを独自資金で手当てした。残りの部分を、イタリア政府やオランダ政府、水公社などが資金を提供した。

新しい下水処理施設は、最初沈殿池 2 池、エアレーションタンク 2 槽、最終沈殿池 2 池から構成され、処理水量が増え、栄養塩を除去できるようになった。汚泥処理施設は、機械式濃縮、嫌気性消化槽、バイオガス利用施設、機械脱水機で構成され、適正な汚泥処理とバイオガスの有効利用を行うようになった。建設工事は 2007 年 9 月に開始され、2009 年 3 月に完成した。拡張後の新 Subotica 下水処理場の全景を図 2.1 に示す。



図 2.1 Subotica 下水処理場の全景

(上側が既存部分、下側が 2009 年に完成した拡張部分)

2.2 ベオグラード市の水環境管理

2.2.1 ベオグラード市の地勢等

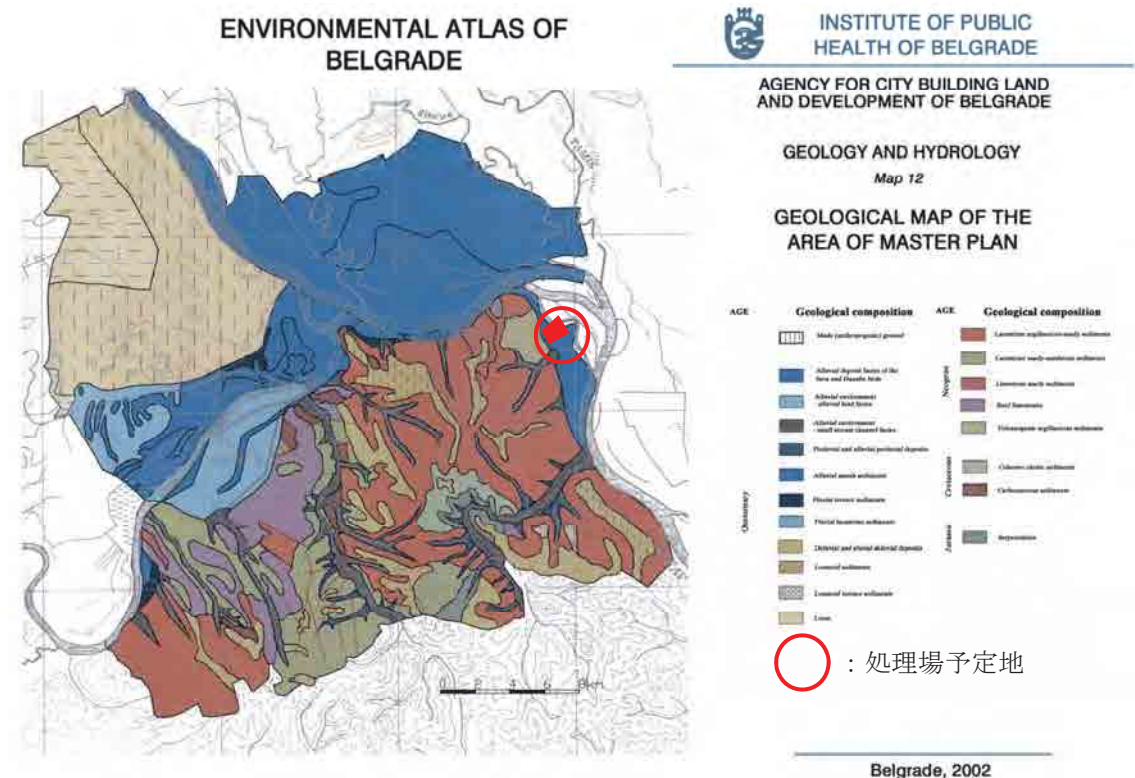
(1) 地形

ベオグラードは標高 116.75m、ドナウ川とサヴァ川の合流地点、東経 20°27'44"、北緯 44° 49'14"にある。サヴァ川右岸にあるベオグラード中心部は丘陵地帯であり、またベオグラード域内で最も標高の高い地点はトルラク丘 (Torlak) で標高 303m である。街の南にはアヴァラ

山 (Avala、標高 511m)、コスマイ山 (Kosmaj、標高 628m) がある。サヴァ川およびドナウ川に沿った一帯では地形は平坦であり、沖積平野やローム台地を形成している。

(2) 地質

下図にベオグラード市の地質状況を示す。処理場予定地は図 2.2 に赤丸内に示した場所であり、ドナウ川の支流に位置する。地質は第四紀沖積堆積物である。



出典：ベオグラード市公衆衛生研究所

図 2.2 地質図

(3) 気候

ベオグラード市の気象データを表 2.3 に示す。ベオグラード市は温厚な大陸性気候で、年平均気温は 12 度、1 月がもっとも寒くマイナス 3 度、7 月が最も熱く 28.1 度である。年平均降水量は 670mm である。

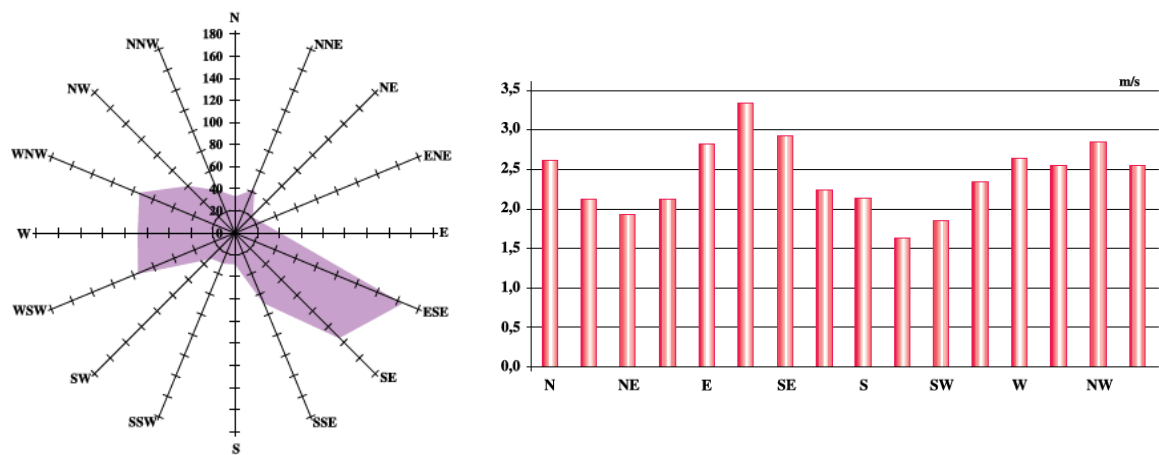
図 2.3 に風配図、平均風速を示すが、東南方向の風が卓越風である。

表 2.3 気象データ (1887~2002年)

	年間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温(°C)	11.7	0.1	1.9	6.8	12.0	17.0	20.1	22.1	21.7	17.7	12.5	6.7	2.1
平均最高気温(°C)	16.8	3.3	6.0	11.8	17.4	22.7	25.8	28.1	28.0	24.0	18.0	10.7	5.2
平均最低気温(°C)	7.3	-3.0	-1.6	2.6	7.2	11.7	14.7	16.4	16.0	12.6	8.2	3.5	-0.6
平均降雨量(l/m2)	669.5	42.8	38.2	44.2	57.8	71.0	86.3	65.3	53.3	49.7	54.8	53.8	53.2
最高降雨量(mm)	1051.2	112.0	127.7	144.7	157.9	191.7	218.2	262.5	198.8	183.7	217.6	129.8	178.7
最低降雨量(mm)	322.6	4.2	1.1	1.6	10.6	8.7	7.9	2.1	1.6	1.0		2.2	0.6
日照時間*(h)	2105.1	71.9	97.8	149.6	186.1	233.5	261.3	295.3	276.4	214.1	166.6	88.3	63.4
平均湿度*(%)	69.5	79.7	74.3	66.0	62.1	64.1	65.0	62.7	62.8	66.7	71.7	77.7	81.0

*1925-2002年期間

出典：Statistical Yearbook of Belgrade 2010



出典：Statistical Yearbook of Belgrade 2010

図 2.3 風配図及び平均風速 (1952年~2002年)

(4) 人口

表 2.4 にセンサスによる 1961 年~2002 年の人口推移を示す。1991 年までは人口が増加していたが、2002 年には人口が減少した。2011 年センサスの暫定値によると、1,639,121 人のことである。

表 2.4 センサスによる人口推移 (1961年~2002年)

	Population			Population per km ²	Households	Persons per 1 household
	Total	Male	Female			
1961	942,190	464,414	477,776	...	310,587	3.0
1971	1,209,361	590,352	619,009	375.4	401,443	3.0
1981	1,470,073	717,699	752,374	456.3	489,438	3.0
1991	1,602,226	775,362	826,864	497.2	515,040	3.1
2002	1,576,124	747,854	828,270	489.1	567,325	2.8

出典：Statistical Yearbook of Belgrade 2010

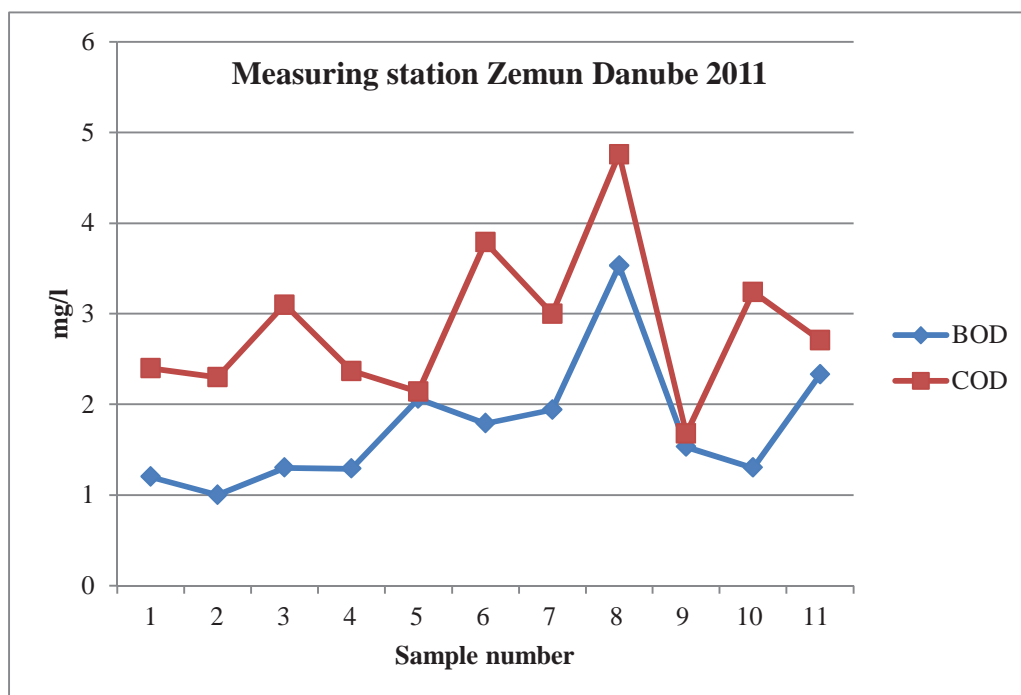
2.2.2 公共用水域の水質現況（ドナウ川、サヴァ川の水質）

セルビア国内の河川水質は、セルビア環境保護庁（SEPA）が管理している。SEPA は、エネルギー・開発・環境保護省の管轄下にある政府の研究機関で、その主な業務は、国の環境情報システムの開発・管理・調整、環境情報データの収集・統合、環境年報の発行、環境分野の取組むべき改善提言などである。

ドナウ川及びサヴァ川の水質データは SEPA によって提供されており、ドナウ川の Zemun（ベオグラード市街地の上流地点）、サヴァ川の Ostruznica（ベオグラード市街地の上流地点）、ドナウ川の Vinca（ベオグラード市街地の下流地点）で測定した水質データ（2006 年～2011 年）を入手した。

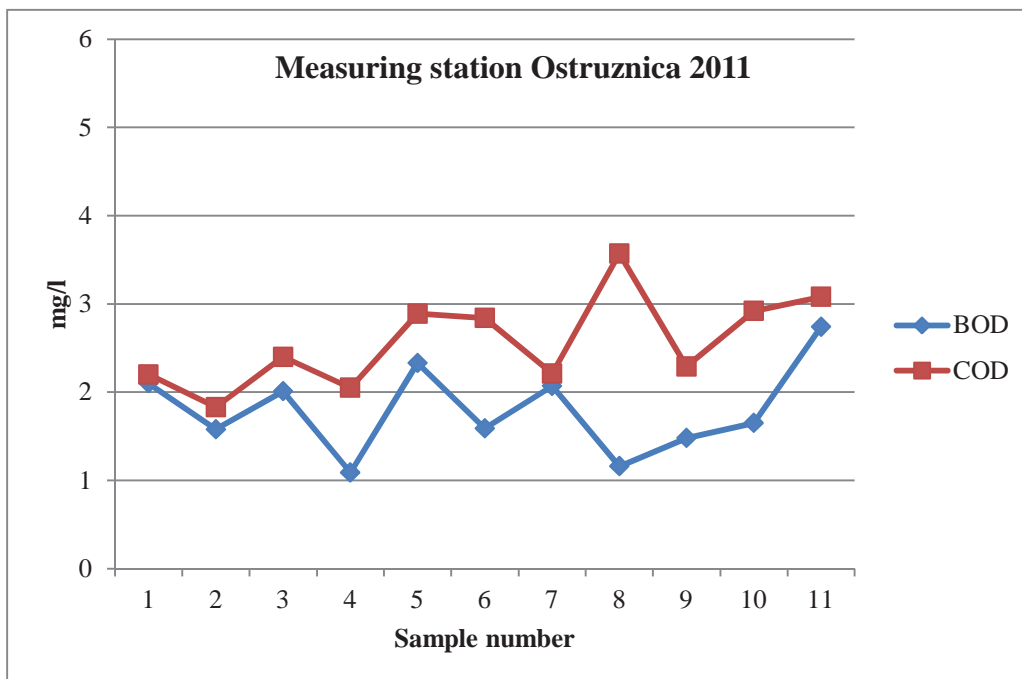
ドナウ川及びサヴァ川の水質測定は、「共和国表流水・地下水水質体系的監視計画」に従い実施されている。表流水サンプルは、月 1 回水面下 50cm から取水される。SEPA は、セルビア共和国の正式認証機関から認可を受けた試験機関である。

以下に、ドナウ川の Zemun、サヴァ川の Ostruznica、ドナウ川の Vinca で測定した 2011 年各月の水質を示す。



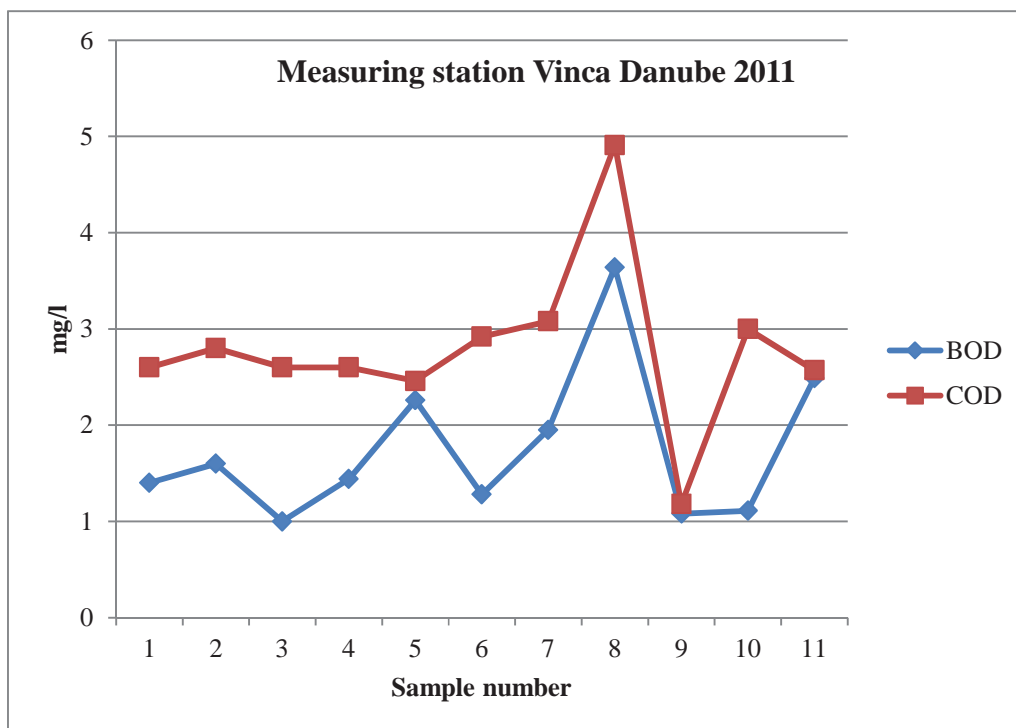
出典：SEPA

図 2.4 ドナウ川の水質（2011 年、ベオグラード市上流 Zemun 地点）



出典：SEPA

図 2.5 サヴァ川の水質（2011年、ベオグラード市上流 Ostruznica 地点）



出典：SEPA

図 2.6 ドナウ川の水質（2011年、ベオグラード市下流 Vinca 地点）

上図に示した最近の河川水質によれば、ベオグラード市街地の上流と下流で BOD、COD 値に違いがみられないことから、市内から排出される汚水の影響は顕著とはいえない。

しかし、ベオグラード市域のドナウ川及びサヴァ川に適用される表流水汚染物質限界値は Class II であるのに対して、表 2.5 に示すように、大腸菌群数及び SS は Class III/IV のレベルにあり、現況水質は Class III に相当するとされている。

表 2.5 各測定点での河川水質区分

水質測定点	DO	BOD ₅	COD	大腸菌群数	SS	PH	色度	Smell	測定水質区分	適用水質区分
ドナウ川 Zemun	II	II	I	III	III	I	I	I	III	II
ドナウ川 Vinca	II	II	I	IV	III	I	I	I	III	II
サヴァ川 Ostruznica	II	II	I	III	II	I	I	I	II/III	II

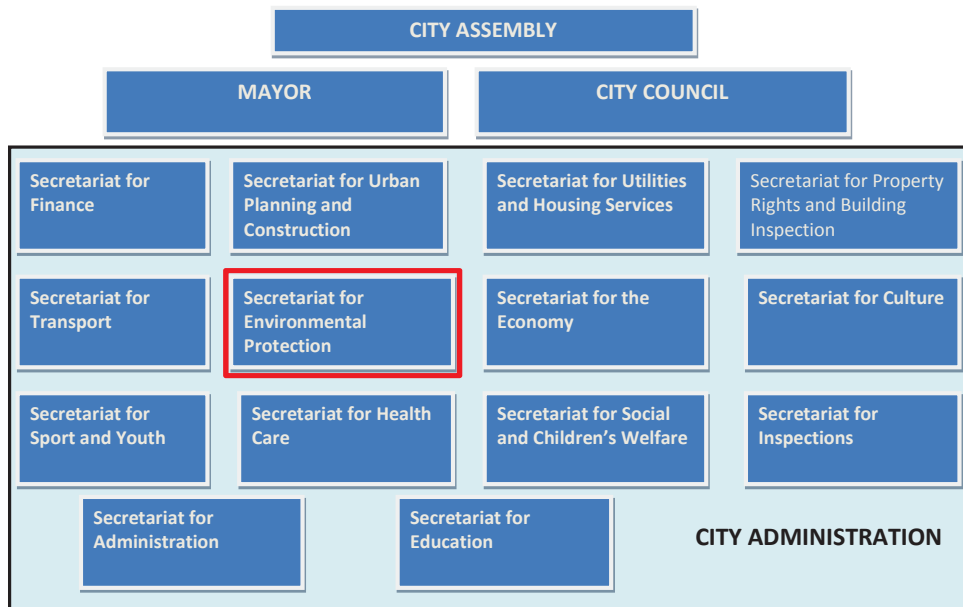
出典：SEPA 測定データ

2.2.3 ベオグラード市の水質管理

(1) 水質管理組織

ベオグラード市では、ベオグラード市行政当局の 14 局のうち、環境保護局が水質管理及び監視の役割を担っている。市当局の組織図を

図 2.7 に示す。



 : 環境保護局

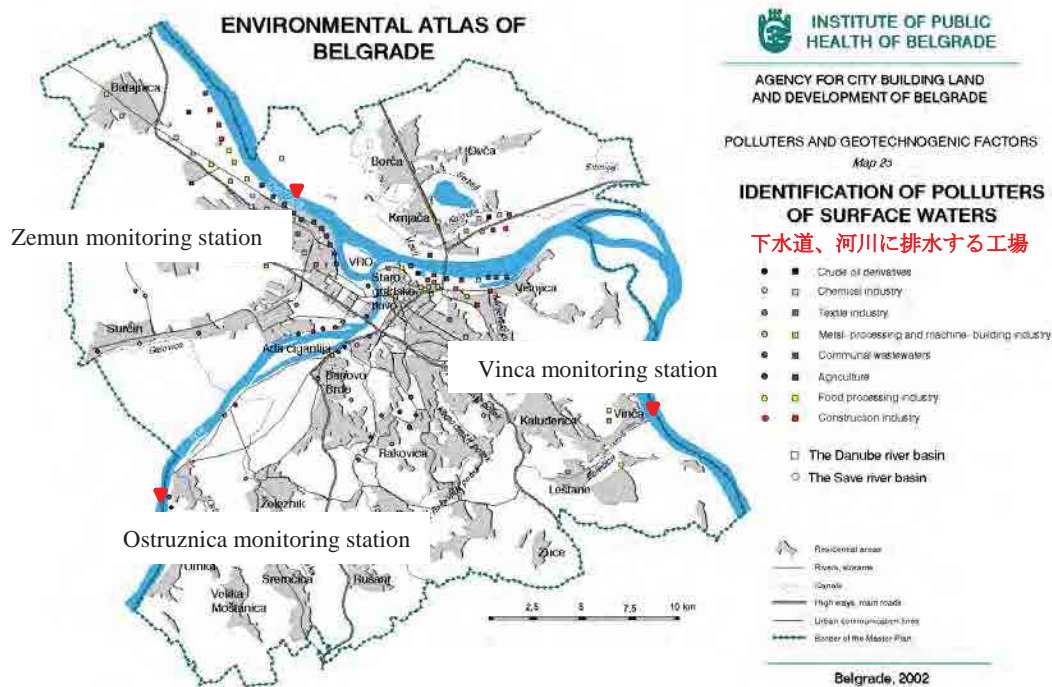
図 2.7 ベオグラード市当局の組織図

環境保護局の組織は、以下の4部門から構成されている。

- 環境監視部門
- プロジェクト計画・管理部門
- 環境管理部門
- 査察部門

(2) ベオグラードの工場排水管理

河川または下水道に大量の工場排水を排出している工場等を図 2.8 示す。



出典：ベオグラード市公衆衛生研究所

図 2.8 工場排水箇所

ベオグラード商工会議所のデータによれば、ベオグラード市内の製造業は、7,948 企業が 115,000 人の雇用を生み出し、ベオグラード市 GDP の 29% を担っている。主な産業部門は、エネルギー産業（電力、熱供給）、金属工業、化学・薬品工業、繊維・皮革工業、製紙工業、食品工業、木材生産・加工業などである。これらのうち、25 工場が IPPC(統合的汚染防止管理法)の許可義務を負う大工場汚染者としてリストアップされている。以下にその 25 工場を示す。

IPPC の許可義務を負う大規模 25 工場汚染者 (ベオグラード市内)

1. Power plant TE Nikola Tesla A, Obrenovac
2. Power plant TE Nikola Tesla B, Obrenovac
3. Power plant TE Kolubara, Kolubara
4. District heating plant Kolubara
5. District heating company to Novi Beograd
6. District heating company to Zemun
7. District heating company to Dunav
8. District heating company to Vozdovac
9. District heating company to Konjarnik
10. District heating company to Mirijevo
11. District heating company to Cerak
12. District heating company to Banovo Brdo
13. District heating company to Miljakovac
14. District heating company to Medakovic
15. Oil refinery “Rafinerija nafte Beograd”
16. IGM Trudbenik
17. Organika, polyurethane foam production
18. AD Vrenje, yeast production
19. Poultry production Vizelj
20. AD Imlek, milk production
21. Umka, paper production
22. Poultry production Pupa Univerzal Mladenovac
23. Poultry production Piljan Surcin,
24. Poultry production Jugokoka Ripanj
25. Poultry production AD Dragan Markovic, Obrenovac

国レベル、地方レベルの責任分担の中で、工場排水の監視は BVK か SEPA、あるいは両者によって行われている。また、どちらにも監視されていない工場もある。言うまでもないが、殆どの IPPC 対象工場にはまだ水許可証 (Water Permit) が発行されていないので、IPPC 免許の申請、取得ができない。工場及び工場排水に関するデータが市の環境保護局から得られないため、これら工場排水の実態を明らかにするのは難しい。結果として、利用可能な既存データから、工場ごとに水許可の有無、IPPC の実態、排水監視の実態を表 2.6 に示す。

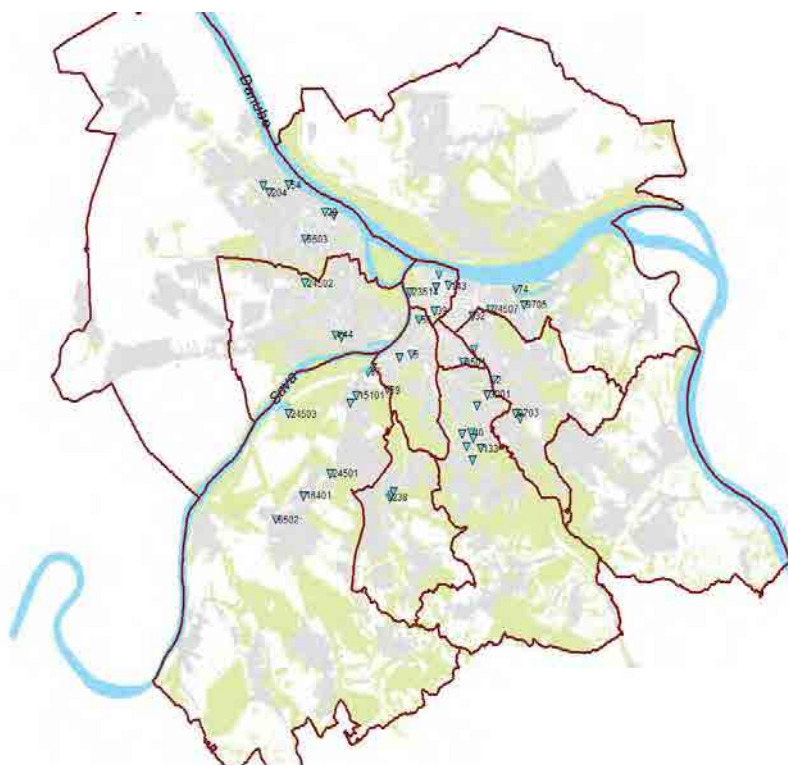
表 2.6 と図 2.8 を比較すると、ベオグラード市内の多くの工場がまだ水許可取得だけでなく工場排水監視の対象としてもリストアップされていない。

表 2.6 工場排水管理の概観

企業名	Water permit	IPPC	排水監視
AD Beogradska pekarska industrija “Klas”	yes	-	discharge quality monitored by BVK
JKP “Gradsko saobračajno preduzeće”	yes	-	discharge quality monitored by BVK
JKP “Beogradske elektrane (上記 IPPC リストの No.5-14)	yes	obligation yes, but still not in procedure	discharge quality monitored by BVK and SEPA
Metro Cash Carry	yes	-	no monitoring by BVK and SEPA in 2010 and 2011

企業名	Water permit	IPPC	排水監視
OMV Srbija	yes	-	no monitoring by BVK and SEPA in 2010 and 2011
NIS Petrol Novi Beograd	yes	-	no monitoring by BVK and SEPA in 2010 and 2011
NIS Petrol Cukarica	yes	-	monitored by BVK
Klinicki centar Srbije	yes	-	no monitoring by BVK and SEPA in 2010 and 2011
AD Beogradska industrija piva	yes	-	monitored by BVK
Oil refinery “Refinerija nafte Beograd” (上記 IPPCリストのNo.15)	no	obligation yes, but still not in procedure	SEPA and BVK
Power plant TE Nikola Tesla A Obrenovac and Power plant TE Nikola Tesla B, Obrenovac (上記 IPPCリストのNo.1-2)	no	obligation yes, but still not in procedure	SEPA
Power plant TE Kolubara, Kolubara (上記 IPPCリストのNo.3)	no	obligation yes, but still not in procedure	SEPA
IGM Trudbenik (上記 IPPCリストのNo.16)	no	obligation yes, but still not in procedure	no monitoring
Organika, polyurethane foam production (上記 IPPCリストのNo.17)	no	obligation yes, but still not in procedure	no monitoring
AD Vrenje, yeast production (上記 IPPCリストのNo.18)	no	obligation yes, but still not in procedure	no monitoring
Poultry production Vizelj (上記 IPPCリストのNo.19)	no	obligation yes, but still not in procedure	no monitoring
AD Imlek, milk production (上記 IPPCリストのNo.20)	no	obligation yes, but still not in procedure	SEPA
Umka, paper production (上記 IPPCリストのNo.21)	no	obligation yes, but still not in procedure	SEPA
Several poultry production facilities (Pupc Univerzal Mladenovac, Piljan Surcin, Jugokoka Ripanj, AD Dragan) (上記 IPPCリストのNo.22-25)	no	obligation yes, but still not in procedure	no monitoring
Fabrika hartije Beograd	no	-	SEPA and BVK
BVK water treatments facilities	no	-	SEPA and BVK
District heating plant Kolubara (上記 IPPCリストのNo.4)	not available data	obligation yes, but still not in procedure	not available data

一方、BVKは、公共下水道に直接排水している47工場の66ヶ所でサンプリング・水質分析を行い、監視している。これらの工場を図2.9に示す。SEPAは、これらのいくつかを監視するとともに、公共用水域に直接排水している工場の監視も行っている。



出典：BVK

図 2.9 BVK が監視する工場 (▼で示す)

(3) 下水道から河川への直接排水されている汚水の監視

BVK は、ドナウ川及びサヴァ川に直接排水されている汚水を下水管の吐口(8箇所)で監視し、サンプリング、水質分析を行っている。それら 8ヶ所 (Sajam、Lasta、Ušće、Dorcol、Istovariste、Ada Hija I、Ada Huja II、Visnjica) の位置を図 2.10 に示す。



図 2.10 汚水の直接排水監視地点 (8ヶ所)

2.2.4 水質管理に関する課題

水環境面からみると、未処理汚水がドナウ川、サヴァ川に直接放流されている実態は、ベオグラード下水道の整備水準が EU 基準からはるかにかけ離れていることを示している。現行法によれば、2045 年までには下水処理場を建設し、公共用水域への排水基準 (ELV) を順守する必要がある。このために市は期限までに求められる作業項目について行動計画を作成することが求められている。

この行動計画は、他の環境面と調和を図るとともに特に下水汚泥の処分との調和が重要である。現在の下水汚泥処分に関する法規制は、EU 基準と十分に調整されているとは言い難く、「廃棄物のエネルギー利用」という概念は下水汚泥には適用されていない。ベオグラード市の廃棄物管理計画において、市レベルでエネルギー戦略を練り、水管理計画と調和を図ることが必要である。

行政組織の面ではたくさんの異なる組織が縦横に水管理に関与している。国レベルではいくつもの省庁が水管理・環境保護に関する EU 指令の適用・調整を担当している。ここ数年、水管理・環境保護に関する新しい法律が制定されてきたが、多くの場合二次的な規制がなされていない。最近実施された省庁再編の結果、規制制定作業が遅れ、ひいては国家環境保護計画の実施が遅れることになる。

現在定期的に収集されている河川水質、工場及び事業所排水に関するデータは、関係者の間で組織的な交換・連携がなされていない。国立気象水文研究所は河川流量水位データを収集しているが、SEPA は河川水質データの他、ベオグラード市内の工場排水データも収集している。BVK も、下水道に排水される工場排水の監視を行っている。IPPC 対象となるたいていの大規模汚染者 (排水者) は、法的義務が課されていても工場排水の監視を免れ水許可 (Water Permit) を保持していない。2010 年に採択された新水法には、排水水量・水質の監視義務が課されているが、その監視義務の実施・権限に関する規則の制定が遅れている。

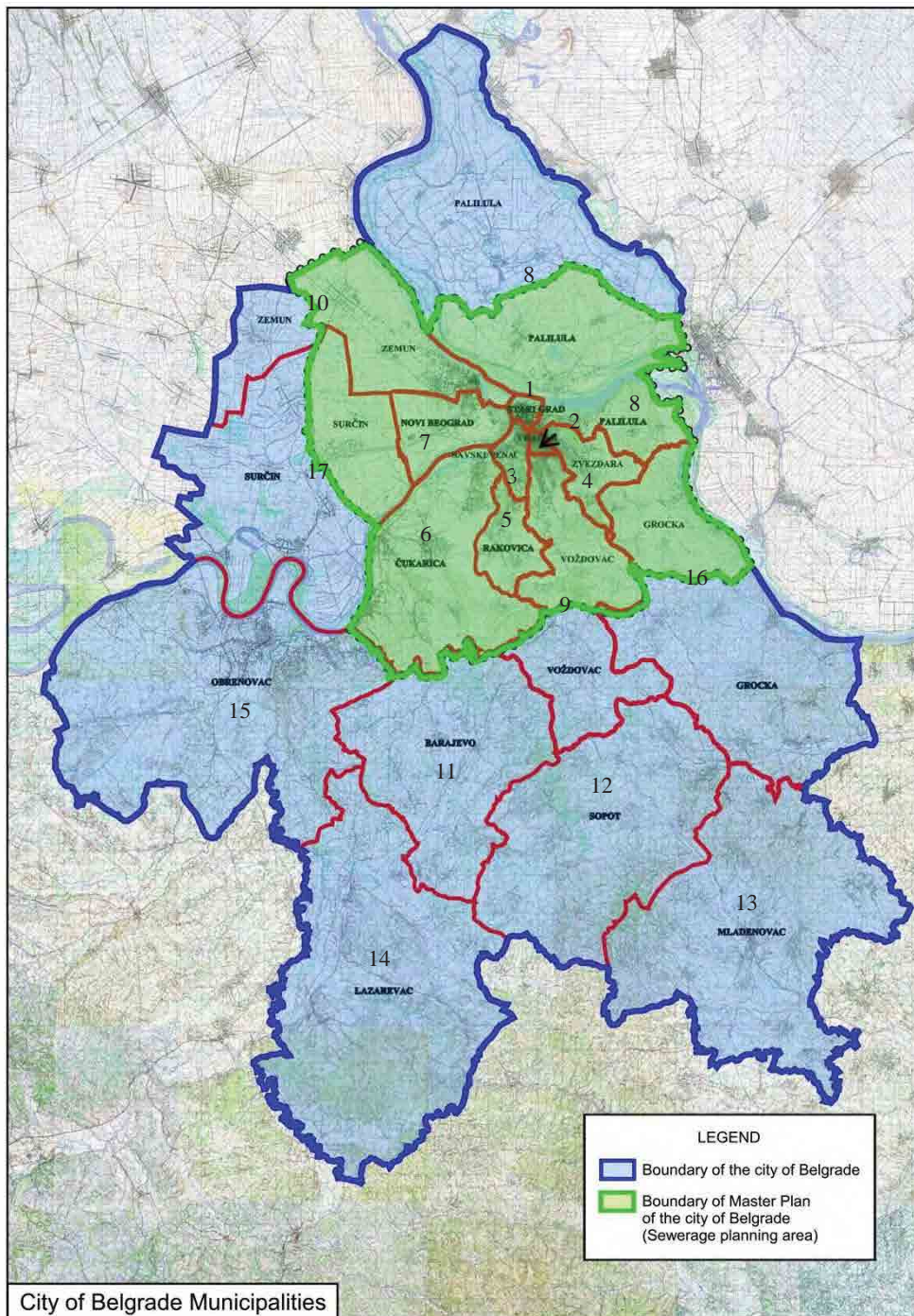
2.3 ベオグラード市の既存下水道

2.3.1 ベオグラード市都市計画

ベオグラード市は、2003 年に Urban Planning Institute of Belgrade により 2021 年までの都市計画を定めたベオグラード基本計画 2021 (Mater Plan of the City of Belgrade to 2021 : MP2021) を策定した。それによると、ベオグラード市は表 2.7 及び図 2.11 に示すように、17 の基礎自治体に分かれている。ベオグラード市の面積は約 77,600ha であり、表 2.8 の土地利用別の面積に示すように、2021 年までに農地が大幅に減少し、居住地、商業地、道路及び緑地に転換されていく計画である。

(1) 基礎自治体

MP2021 の計画区域は、表 2.7 に示す基礎自治体の一部からなり、図 2.11 に示すように、Čukarica、Grocka の一部、New Belgrade、Palilula の一部、Rakovica、Savski venac、Surčin の一部、Stari grad, Voždovac の一部、Vračar、Zemun の一部、および Zvezdara となっている。



出典：MP2021

注記：基礎自治体名は表 2.7 参照

図 2.11 ベオグラード市基礎自治体

表 2.7 ベオグラード市を構成する基礎自治体

No	基礎自治体名	No	基礎自治体名
1	Stari grad	11	Barajevo
2	Vračar	12	Sopot
3	Savski Venac	13	Mladenovac
4	Zvezdara	14	Lazarevac
5	Rakovica	15	Obrenovac
6	Čukarica	16	Grocka
7	New Belgrade	17	Surčin
8	Palilula		
9	Voždovac		
10	Zemun		

(2) 土地利用計画

土地利用計画を下図に示す。

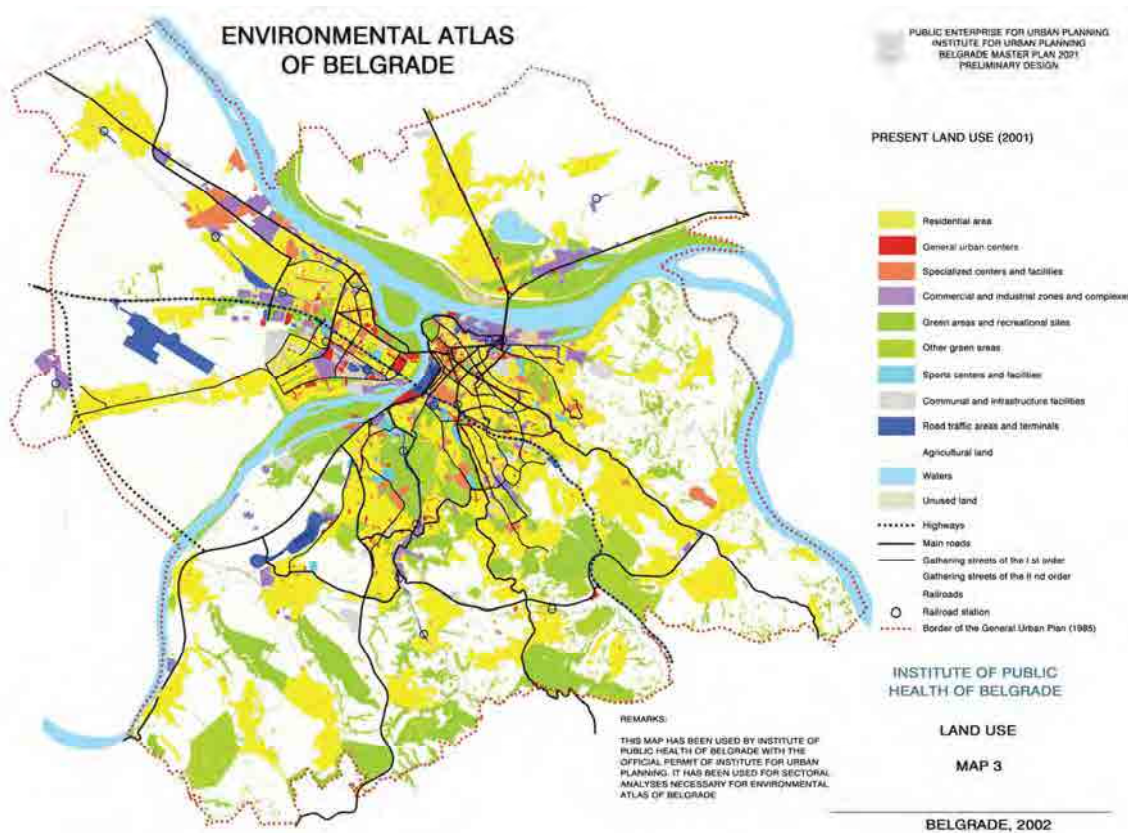


図 2.12 土地利用計画

MPlan 2021 では、2001 年と 2021 年の土地利用が分析されている。基本計画によると、ベオグラード市の面積は 77,602 ha である。2021 年には約 30%の土地が農業に使用されることになる。サヴァ・ドナウ川による水域は 4,200 ha を占め、墓地が 500 ha、住宅地は 14,200 ha、工業用地は 3,500 ha となる予定である。市の中心地は 1,800 ha を占め、公共施設が 1,400 ha、スポーツ施設が 1,200 ha を占める。

表 2.8 2001 年及び 2021 年土地利用計画

	2001年	増減 2001-2021	2021年
	(ha)		
Housing	12,571.65	1,570.25	14,141.9
Economic activities and economic zones	1,595.22	1,929.35	3,524.57
Commercial zones and urban centres	667.98	1,147.6	1,815.58
Public services, public facilities and complexes	1,123.1	275.04	1,398.14
Sport, sport facilities and sport complexes	685.87	502.01	1,187.88
Green surfaces	11,365.27	9,044.64	20,409.91
Agricultural surfaces and facilities	39,657.32	-16,463.32	23,194.00
Water surfaces	4,071.05	101.16	4,172.21
Cemeteries	344.69	144.51	489.2
Traffic network and traffic surfaces	4,424.15	1,503.56	5,927.71
Communal activities and infrastructural surfaces	345.3	436.4	781.7
Undeveloped land	750.39	-750.39	-
合計	77,602		77,602

出典：Belgrade Master Plan 2021

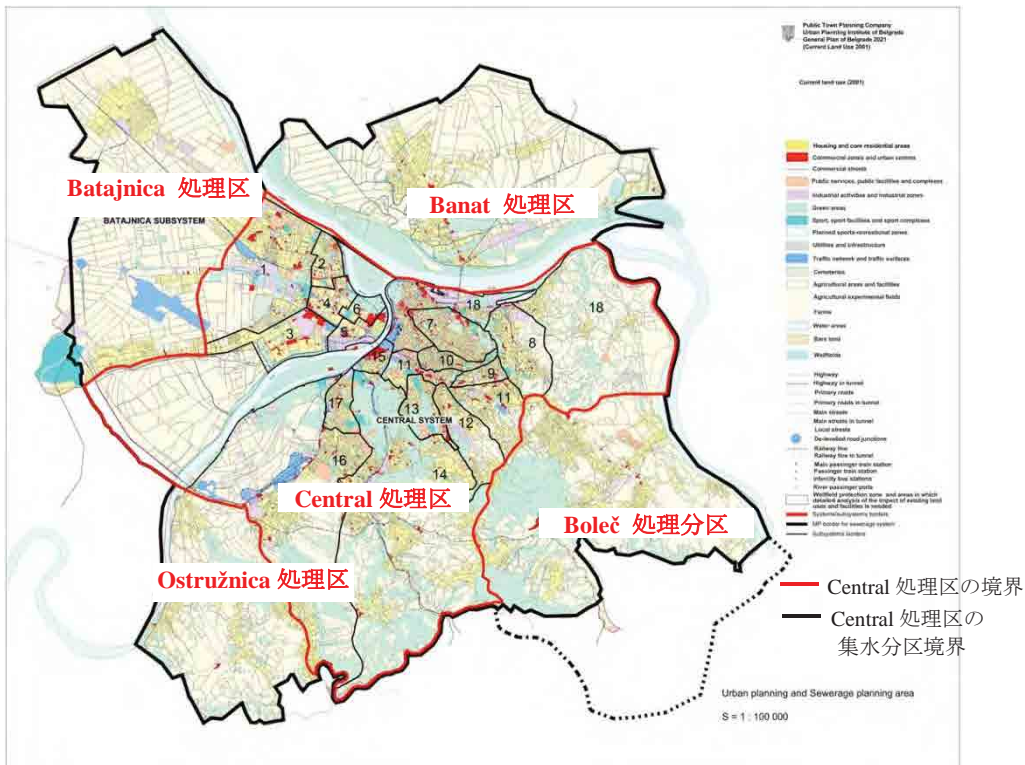
2.3.2 ベオグラード市下水道計画

ベオグラード市が策定した下水道マスタープラン(Pre-Feasibility Study with the Master Plan of Belgrade Sewerage System 2011: Pre-F/S with M/P)によると、下水道計画区域は MP2021 に示された都市計画区域を概ね同様であるが、Bolec 処理分区のように一部計画区域外からの流入が見込まれている。

また、ベオグラード市の下水道計画区域は Central、Batajnica、Banatski、Ostružnica 処理区と Boleč 処理分区の 5 つに分けることができる。しかしながら、どの処理区及び処理分区も現在の下水道施設は管きょおよびポンプ場の污水収集システムだけであり、下水処理場が建設できていないため、収集した污水を未処理でサヴァ川及びドナウ川に放流している状況がある。

下水道計画区域図を図 2.13、その面積を表 2.9 に示す。各処理区/処理分区の面積割合は、2021 年の時点で Central 処理区が全体の約 55%、Batajnica 処理区が 15%、Banat 処理区が 13%、Ostružnica 処理区が 5%、及び Boleč 処理分区が 12%の順となっている。Central 処理区はさ

らに 18 の集水分区に分けられる。集水分区の名称を表 2.10 に示す。



出典：Pre-F/S with M/P

図 2.13 土地利用計画及び下水道計画区域

表 2.9 下水道整備区域面積

処理区/処理分区名	2007 年 (ha)	2021 年 (ha)
Central 処理区	10,370	13,594
Batajnica 処理区	2,727	3,677
Banat 処理区	1,806	3,115
Ostružnica 処理区	1,307	1,374
Boleč 処理分区	2,294	3,045
合計	18,504	24,767

出典：Pre-F/S with M/P

表 2.10 集水分区名

No	集水分区名	No	集水分区名	No	集水分区名
1	Gornji Zemun	7	Bulbuder collector	13	Banjica collector
2	Karadordev trg	8	Mirijevo collector	14	Topčider collector
4	Nova Nova	9	Duboki creek	15	Senjak
3	Galovica	10	Čubura collector	16	Železnik
5	Gazela	11	Mokrolug collector	17	Banovo Brdo
6	Ušće immediate basin	12	Kumodraž collector	18	Danube immediate basin

(1) 処理区の概要

(A) Central 処理区

Central 処理区は最も面積が大きい処理区である。この処理区には、New Belgrade、Stari Grad、Vračar、Savski Venac、Zvezdara、Rakovica の基礎自治体の全部、および Zemun、Čukarica、Voždovac、Palilula の基礎自治体の一部が含まれている。本プロジェクトの対象施設である Veliko Selo 下水処理場、Ušće ポンプ場、Mostar ポンプ場およびインターセプターは本処理区の中に含まれる。Central 処理区の既存下水道の詳細については次項に示す。

(B) Batajnica 処理区

Batajnica 処理区分は、ベオグラード市の北西側で Duube 川の上流側に位置し、Zemun と Surčin の基礎自治体の一部を含む。

(C) Banat 処理区

Banat 処理区分はドナウ川左岸に位置し、Palilula 基礎自治体の一部を含む。

(D) Ostružnica 処理区分

Ostružnica 処理区分はサヴァ川の上流側で、ベオグラード市の南西部に位置し Čukarica 基礎自治体の一部を含む。

(E) Boleč 処理区分

Boleč 処理区分はベオグラード市の南東側に位置し、将来的には Central 処理区に汚水を送水する予定である。Vrčina 基礎自治体の一部を含む。

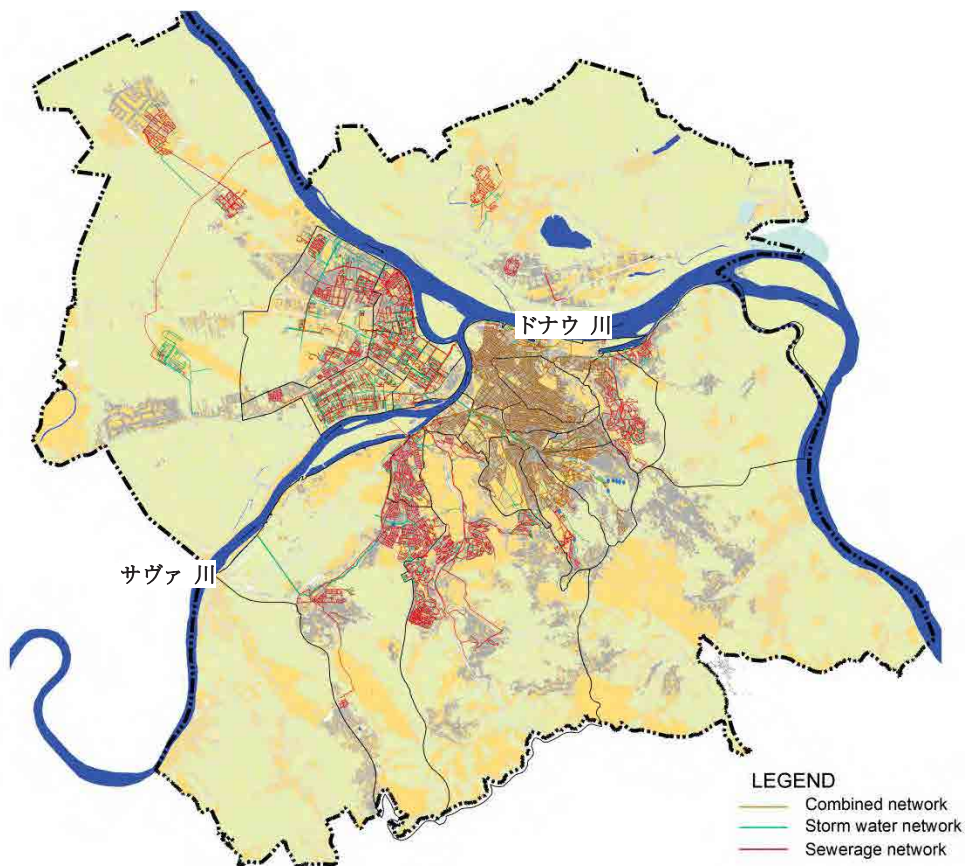
(2) 既存管ろ網の概要

既存の管径別の下水管きょ延長を表 2.11 に示す。Pre-F/S with M/P によると全延長は約 1,880km と見積もられている。雨水きょについては、データが整備されていなかったため総延長は得られなかった。管きょデータは、BVK の GIS 部局によって現地調査・GIS データとしてインプットされている。上水道は全て網羅されているが、下水道については現在も調査中であり、全ての管きょが GIS データとして網羅されていないようである。下水管きょ網図を図 2.14 に示す。

表 2.11 既存下水管きよの管径別延長

管径	管延長 (km)			合計
	合流式	分流式		
		污水管	雨水管	
< Ø 500	373	565	493	1,431
Ø 500 - 1000	10	18	135	163
Ø 1000 - 2000	2	3	24	29
Ø 2000 - 2600	1	-	1.6	2.6
その他 1m 以下	65	53	17	135
1m を超える	35	27	57	119
合計	486	666	728	1,880

出典：Pre-F/S with M/P



出典：Pre-F/S with M/P

図 2.14 既存下水管きよ網

2.3.3 Central 処理区の既存下水道施設

Central 処理区を本プロジェクト対象施設の集水区域別に整理すると、Ušće PS、Mostar PS、Mokrolug collector、および Danube の 4 集水区域に分割することができる。それぞれの集水区域を図 2.15 に示す。

Ušće PS の集水区域は Ušće ポンプ場(インターセプターNo.1)、Mostar PS 集水区域は Mostar ポンプ場 (インターセプターNo.10 の一部)、Mokrolug collector はインターセプター No.10 の集水区域の一部、Danube 集水区域はインターセプター No.3~9 の集水区域に該当する。

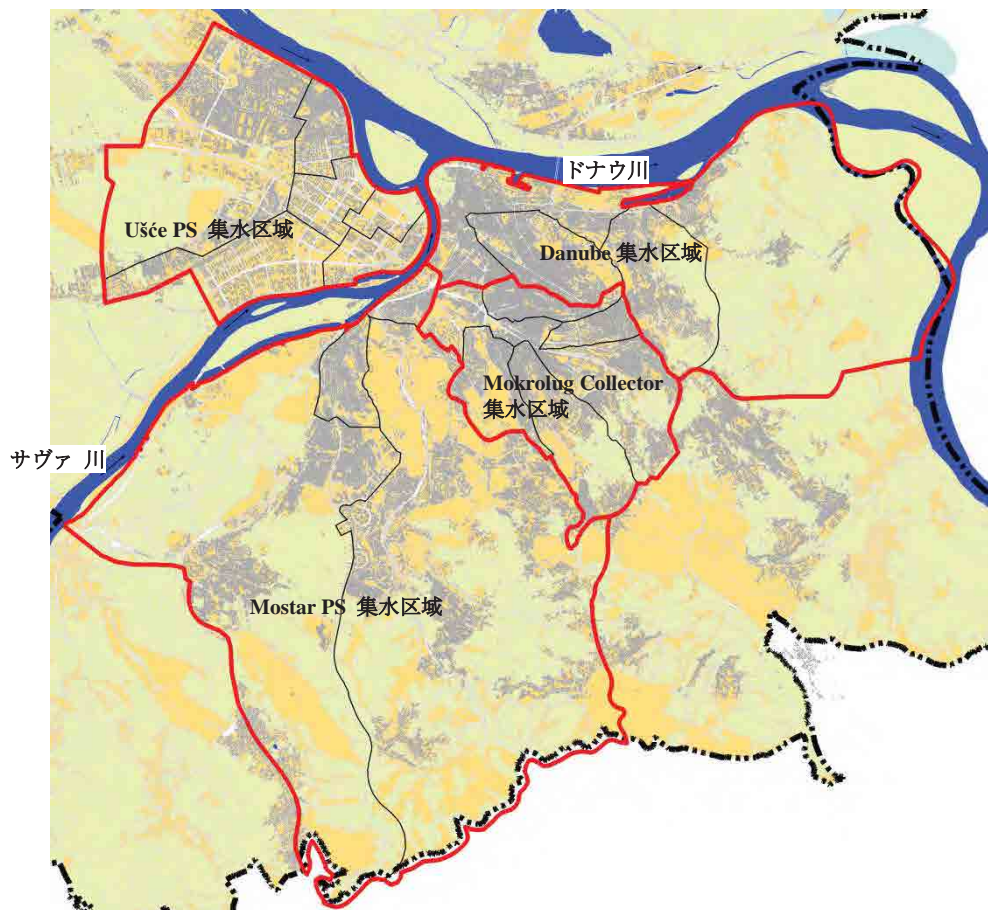


図 2.15 各集水区域の概要

(1) Ušće PS 集水区域の既存下水道施設の概要

本集水区域はサヴァ川の左岸に位置し、汚水集水方式として分流式が採用されている。また、図 2.16 に示すように“Gornji Zemun”、“Karadordev trg”、“Nova Nova”、“Galovica”、“Gazela”、および“Ušće immediate basin”の6の集水分区に分割されている。本集水区域の主要な下水道施設を図 2.16 に示す。

本集水区域は平坦な地形であるため、汚水はそれぞれのポンプ場で揚水され、2箇所の吐口からサヴァ川及びドナウ川に直接放流されている。

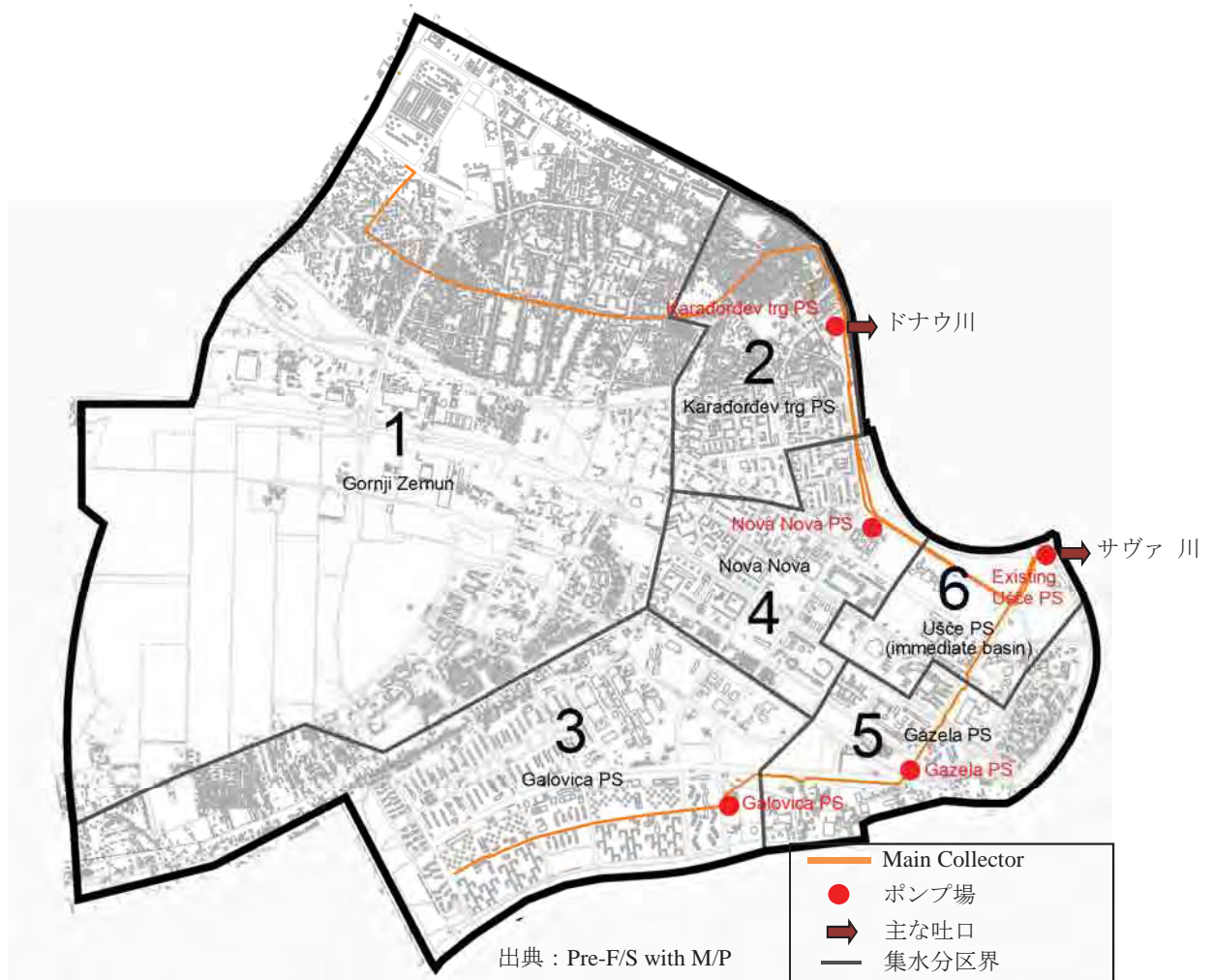


図 2.16 Ušće PS 集水区域の主要な下水道施設

Pre-F/S with M/P によると、本処理区の下水道接続率は表 2.12 に示すように約 97%であり、2021 年までには 100%に達する予定である。なお、下水道接続率は、2007 年の上水道及び下水道の料金請求書の住所から、該当する集水分区に位置するものを、GIS を用いて集計し、上水道に対する下水道の接続人口から算定している。

表 2.12 Ušće PS 集水区の下水道接続率

No	集水分区	面積 (ha)	上水道 接続人口	下水道 接続人口	下水道接続率 (%)
1	Gornji Zemun	2,580	110,499	97,784	91,25
2	Karadordev trg	340	62,892	62,857	99,95
4	Nova Nova	360	56,179	56,179	100,00
3	Galovica	930	105,351	104,663	99,35
5	Gazela	330	16,693	16,363	98,02
6	Ušće immediate basin	210	6,182	6,169	99,79
計		4,750	357,796	344,016	97,05

出典：Pre-F/S with M/P

図 2.16 に示した 5 カ所のポンプ場の概要は以下の通りである。

(A) Galovica ポンプ場

本ポンプ場は汚水と雨水ポンプ場の機能を別々に有する。汚水ポンプは 3 台設置され、Gazela PS へ汚水を送水している。汚水ポンプの能力は 250 l/s x 2 台、200 l/s x 1 台および 100 l/s x 1 台で合計 800 l/s である。

(B) Gazela ポンプ場

本ポンプ場は汚水と雨水ポンプ場の機能を別々に有する。汚水ポンプは 4 台設置され、Ušće PS へ汚水を送水している。汚水ポンプの能力は 250 l/s x 4 台で合計は 1,000 l/s である。

(C) Karadorđev trg ポンプ場

本ポンプ場は汚水と雨水ポンプ場の機能を別々に有する。汚水ポンプは 4 台設置され、現在はドナウ川に汚水を直接放流している。汚水ポンプの能力は 360 l/s x 4 台で合計 1,440 l/s である。

(D) Nova Nova ポンプ場

本ポンプ場は、2008 年に新たに設置されたポンプ場で、New Belgrade 中心部の汚水を Ušće PS に送水する役割を担っている。汚水ポンプの能力は 175 l/s x 3 台で合計 525 l/s である。

(E) Ušće ポンプ場

Ušće PS 集水区域の中で主要なポンプ場の 1 つであり、本集水区域の汚水は Ušće ポンプ場に集約されている。本ポンプ場は、河川水位が高くなる時期に、汚水を自然流下で放流できなくなった場合に稼働している。汚水はサヴァ川とドナウ川の合流地点付近で直接放流している。汚水ポンプの能力は 350 l/s x 3 台および 800 l/s x 1 台で合計 1,850 l/s である。

(2) Mostar PS 集水区域の既存下水道施設の概要

本集水区域は Central 処理区の南側に位置し、汚水集水方式として分流式が採用されている。また、図 2.17 に示すように“Topčider collector”、“Senjak”、“Železnik” および“Banovo Brdo”の 4 の集水分区に分割することができる。本集水区域の主要な下水道施設を図 2.17 に示す。

Železnik、Banovo Brdo および Topčider 集水分区から集められた汚水は Čukarica ポンプ場を経由してサヴァ川に直接放流している。また Senjak 集水分区についても、ポンプ場を経由せず直接サヴァ川に放流している状況である。ただし、Čukarica PS から Mostar PS までの污水管はすでに敷設されているため、インターセプターと Veloko Selo 下水処理場が供用

開始した際には、直ちに Mostar PS まで汚水を送水することができる。

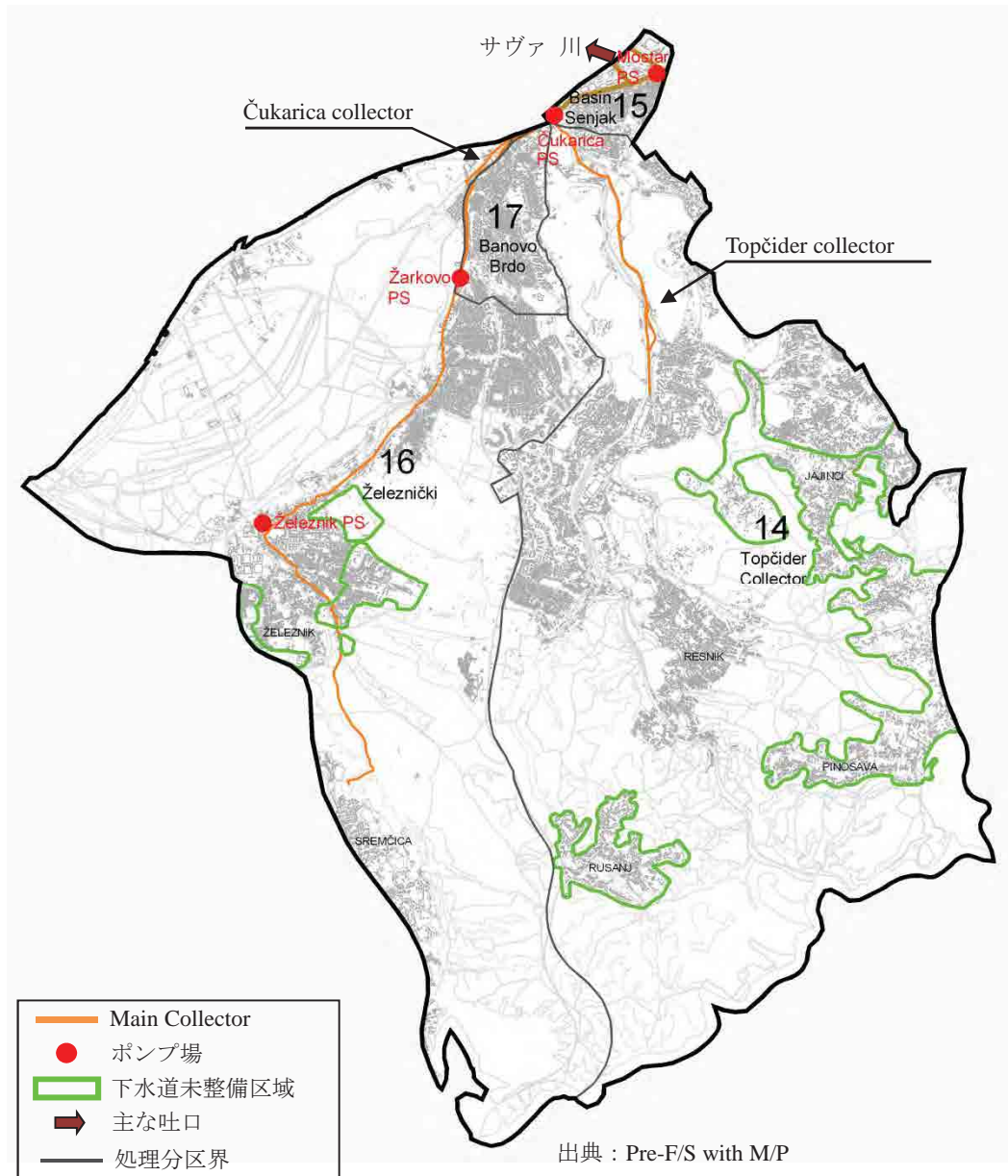


図 2.17 Mostar PS 集水区域の主要な下水道施設

Pre-F/S with M/P によると、本処理区の下水道接続率は表 2.13 に示すように約 85%である。Topčider collector 集水分区の上流部に一部に下水道未接続地域があり、これらの地域については 2021 年までに Topčider collector を延伸し接続する計画である。

表 2.13 Mostar PS 集水区域の下水道接続率

No	集水分区	面積 (ha)	上水道 接続人口	下水道 接続人口	下水道接続率 (%)
14	Topčider collector	7,800	133,093	100,822	75.75
15	Senjak	190	5,950	5,940	99.83
16	Železnik	6,580	104,804	93,885	89.58
17	Banovo Brdo	380	53,847	52,186	96.92
計		14,950	297,694	252,833	84.93

出典：Pre-F/S with M/P

図 2.17 に示した 4 カ所のポンプ場の概要を以下に示す。

(A) Železnik ポンプ場

本ポンプ場は、Železnik 集水分区の標高の低い地域を対象としている。汚水ポンプの能力は 100 l/s x 3 台で合計 300 l/s である。

(B) Žarkovo ポンプ場

本ポンプ場は、Sremčica 及び Železnik 地方を含む Železnik 集水分区の約 1,334ha を対象とし、Čukarica PS に汚水を送水している。汚水ポンプの能力は 350 l/s x 2 台、115 l/s x 1 台で合計 815 l/s である。

(C) Čukarica ポンプ場

本ポンプ場は、サヴァ川右岸側の New Sava Bridge 付近に位置し、Čukarica collector 及び Topčider collector の 2 系統に対して着水井をそれぞれ持っている。Čukarica PS が受け持つ集水分区は非常に広範囲である。現在は、汚水をサヴァ川に直接放流しているが、将来は Mostar PS に送水する計画である。汚水ポンプの能力（Čukarica collector 側）は 250 l/s x 2 台で合計 500 l/s、汚水ポンプの能力（Topčider collector 側）は、700 l/s x 1 台、900 l/s x 1 台、200-300 l/s x 3 台で合計 2,400 l/s である。

(D) Mostar ポンプ場

本ポンプ場は、1970 年代に建設を開始したが一時中断し、その後 1980 年代後半に完成した。Senjak、Banovo Brdo、Zelenicki 及び Topčider 集水分区の汚水をインターセプターに送水する役割を有している。しかしながら、Mostar ポンプ場からの圧送管の送水先であるインターセプターが建設できていないため、現在まで一度も稼働してない。汚水ポンプの能力は 700 l/s x 6 台で合計 4,200 l/s である。

(3) Mokrolug Collector 集水区域の既存下水道施設の概要

Mokrolug collector 集水区域は、Central 処理区の中心部、ベオグラード市の旧市街地に位置し、汚水集水方式として合流方式が採用されている。本集水区域は、図 2.18 に示すように“Banjicki collector”、“Kumodraski collector”、“Duboki creek”、“Čubura collector” および“Mokrolug collector”の5の集水分区に分割することができる。本集水区域の主要な下水道施設を図 2.18 に示す。なお、本集水区にポンプ場は設置されていない。

本流域の全ての汚水及び雨水は Old Mokrolug collector に流入しサヴァ川へ直接放流していたが、汚水量の増加により Old Mokrolug collector の能力が不足した。このため、新たに New Mokrolug collector (雨水管)を敷設し、遮集汚水を Old Mokrolug collector に、雨水分を New Mokrolug collector に分配することで流下能力の増強を行っている。一方で、サヴァ川が高水位の時期には、最下流部で浸水被害がたびたび発生しているため、Pre-FS with MP により Mokrolug collector 集水分区の上流部に雨水滞水池を設け、雨水流出量を抑制する計画が策定されている。

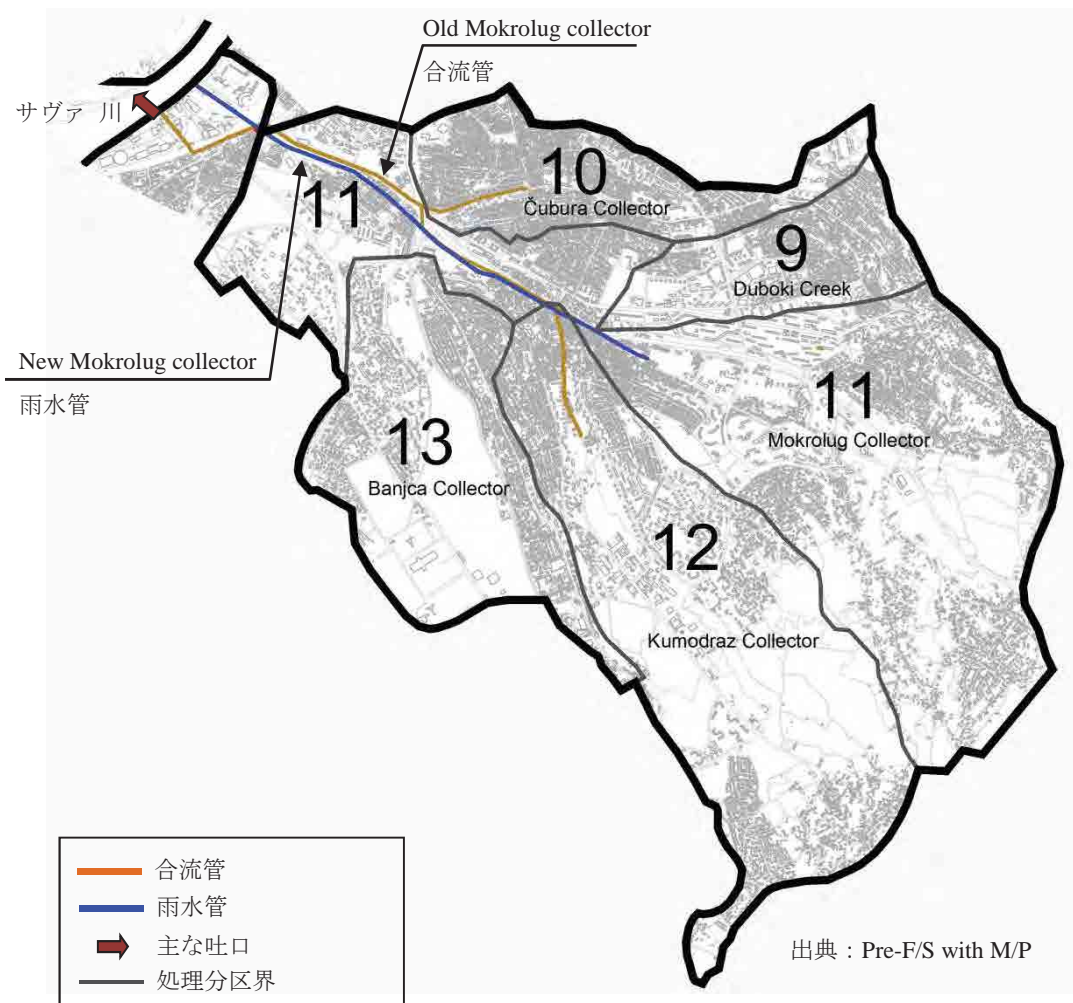


図 2.18 Mokrolug Collector 集水区域の主要な下水道施設

Pre-F/S with M/P によると、本処理区の下水道接続率は表 2.14 に示すように約 92%である。

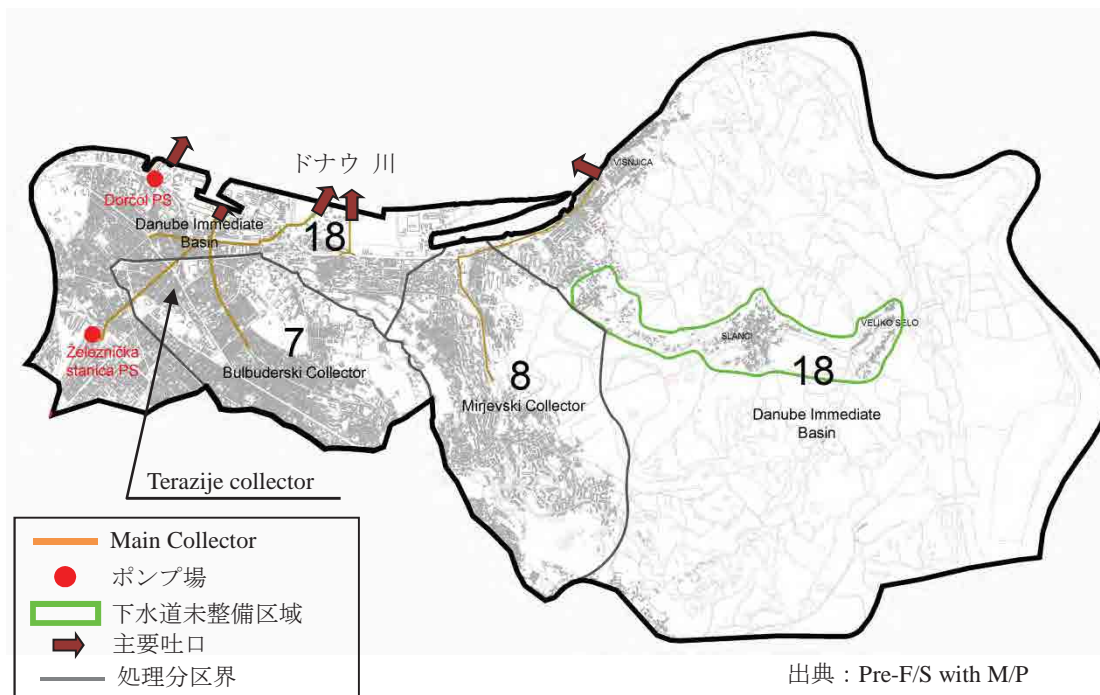
表 2.14 Mokrolug Collector 集水区の下水道接続率

No	集水分区	面積 (ha)	上水道 接続人口	下水道 接続人口	下水道接続率 (%)
9	Duboki creek	210	48,225	44,883	93.07
10	Čubura collector	270	37,289	37,095	99.48
11	Mokrolug collector	1,270	48,443	40,752	84.12
12	Kumodraž collector	810	51,492	46,488	90.28
13	Banjica collector	490	45,430	43,564	95.89
合計		3,050	230,879	212,782	92.16

出典：Pre-F/S with M/P

(4) Danube 集水区域の既存下水道施設の概要

本集水区域は Central 処理区の北部に位置し、汚水集水方式としてほとんどの区域は合流方式となっているが、近年に整備された一部の地区は分流式が採用されている。本集水区域は、図 2.19 に示すように“Mirijevo collector”、“Bulbuder collector” および “Danube immediate basin” の3つの集水分区に分割されている。本集水区域の主要な下水道施設を図 2.19 に示す。それぞれの管きよによって収集された汚水と雨水は、各々ドナウ川に直接放流されている状況である。



出典：Pre-F/S with M/P

図 2.19 Danube 集水区域の主要な下水道施設

Pre-F/S with M/Pによると、本処理区の下水道接続率は表 2.15 に示すように約 97%である。しかしながら、下水道が未整備である Slanci/Veliko Selo 地区の住民は、上下水道料金を支払っているため、下水道接続人口に計上されているが、汚水は雨水と共に既存水路に直接放流している状況である。これらの地区は 2031 年までに、分流式污水管きよを整備し Veliko Selo 下水処理場へ接続する計画である。

表 2.15 Danube 集水区域の下水道接続率

No	集水分区	面積 (ha)	上水道 接続人口	下水道 接続人口	下水道接続 率 (%)
7	Bulbuder collector	690	4,197	4,117	98.09
8	Mirijevo collector	1,010	360	344	95.47
18	Danube immediate basin	5,450	6,074	5,890	96.97
合計		7,150	10,631	10,351	97.36

出典：Pre-F/S with M/P

図 2.19 に示した 2 カ所のポンプ場の概要を以下に示す。

(A) Železnička ポンプ場

本ポンプ場は、サヴァ川右岸側の標高の低い地域の汚水及び雨水を収集し、Terazije collector まで合流汚水を圧送している。Terazije collector に圧送された合流汚水は、他の管きよを経由してドナウ川に直接放流している。ポンプの能力は、300 l/s x 3 台、450 l/s x 1 台で合計 1,350 l/s である。

(B) Dorćol ポンプ場

本ポンプ場は、Dorćol 地区の汚水及び雨水を集水し、ドナウ川に合流汚水を圧送、直接放流している。ポンプの能力は 300 l/s x 3 台で合計 900 l/s である。

(5) 既存のリモート監視・制御システム(SCADA)の状況

SCADA システムは、24 時間の自動制御、電力量削減、および業務指標の取得等の日常業務において非常に有用なツールである。ベオグラード市では、下水道 SACADA として Mostar ポンプ場に導入されており、既存ポンプ場の一部や、道路埋設型の小規模ポンプ場の約 400 か所のポンプ場を対象に監視制御している状況である。ポンプ場によって、通信回線の種別が異なるが、GSM 回線やブロードバンド接続の他に専用光ケーブルも使用されている。

SCADA システムのセンターからは、ポンプ場の運転状況の監視、又は監視と遠隔制御をおこなうことができる。各ポンプ場においては、センターと同じモニター画面上で、監視と

制御をおこなうことができるローカル端末が設置されている。

Mostar ポンプ場は管きよのメンテナンス拠点ともなっていて、メンテナンスシステムと SACADA システムが同居して効率の良く組織的に対応できる考慮がされている。

しかし、現状の SCADA システムは、信頼性と稼働率が低く、機能の停止が継続しているポンプ場が見受けられる。今後、処理場と連携した運用が必要となるので、的確な維持管理・保守と組織を含めた運用ルールの確立が望まれる。

一方、上水道 SCADA システムは日本の無償資金協力により導入され、各浄水場、ポンプ場および配水池の監視制御を行っている。クライアント PC の他に大型モニターを備え、場外施設との通信も行う最新のシステムである。ソフトウェアにおいても、バイリンガル対応やグラフィックツールなど、進化した IT を取り入れている。機器の調達やソフトウェアの制作においては、日本企業と地元企業の共同作業が機能して効率的に実行された。上水道 SCADA のシステムダイアグラムを図 2.20 に示す。

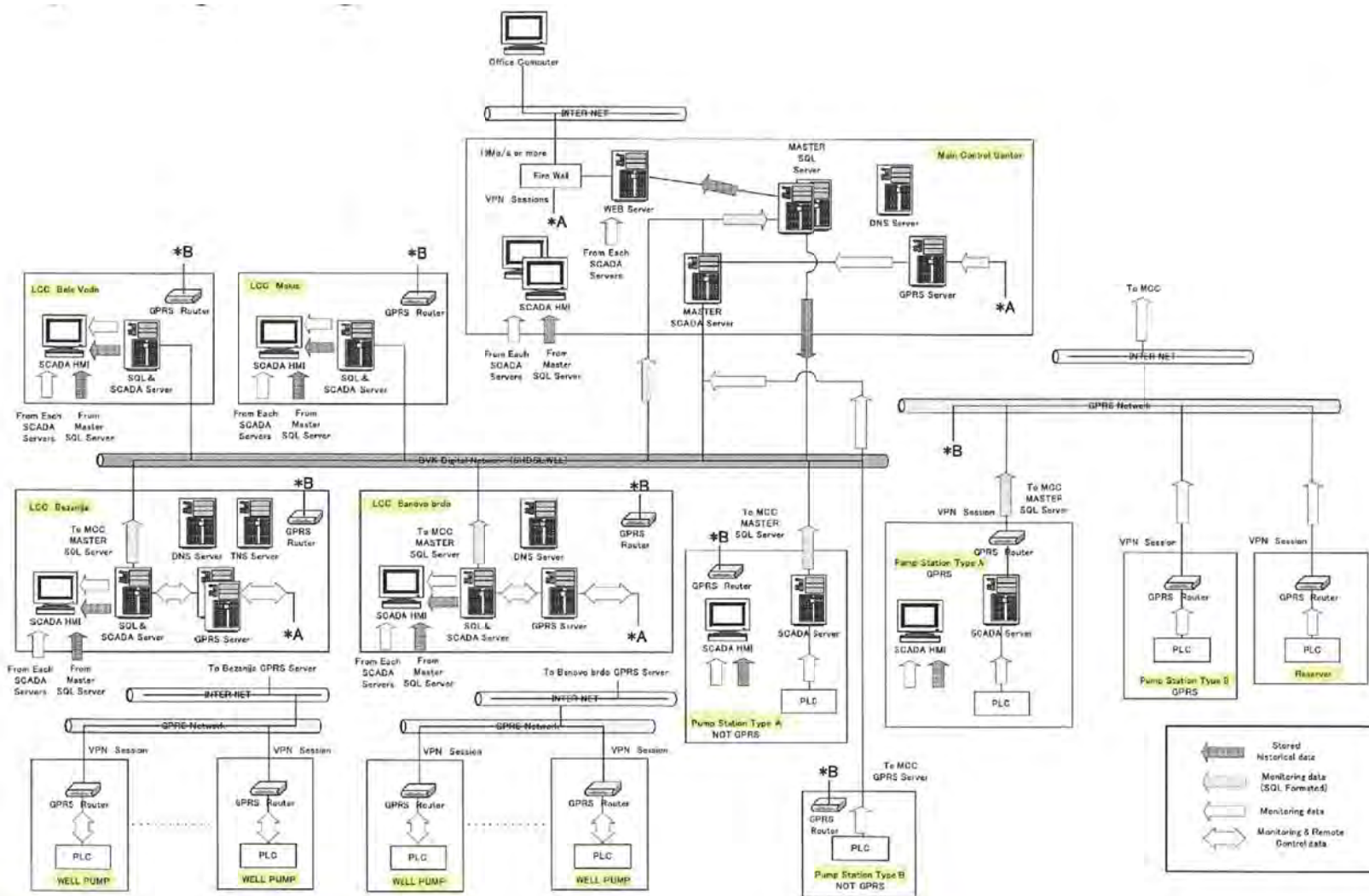


図 2.20 上水道 SCADA システム

2.4 既存調査のレビュー

2.4.1 既存調査のレビュー及び計画フレームの確認

(1) 計画人口

下水道計画の上位計画の1つである MP2021 によると、ベオグラード市の都市計画区域内の居住人口は図 2.21 に示すように、2021 年までに 1,400,000 人となることが予想されている。この MP2021 で推定された人口の増加率を基に、2031 年まで直線回帰すると概ね 1,440,000 人となる。

Pre-F/S with M/P では、都市計画区域と下水道計画区域は概ね同じであることから、2031 年の下水道計画人口を MP2021 から推定した居住人口よりも少し多い 1,450,000 人を下水道計画人口として定めている。

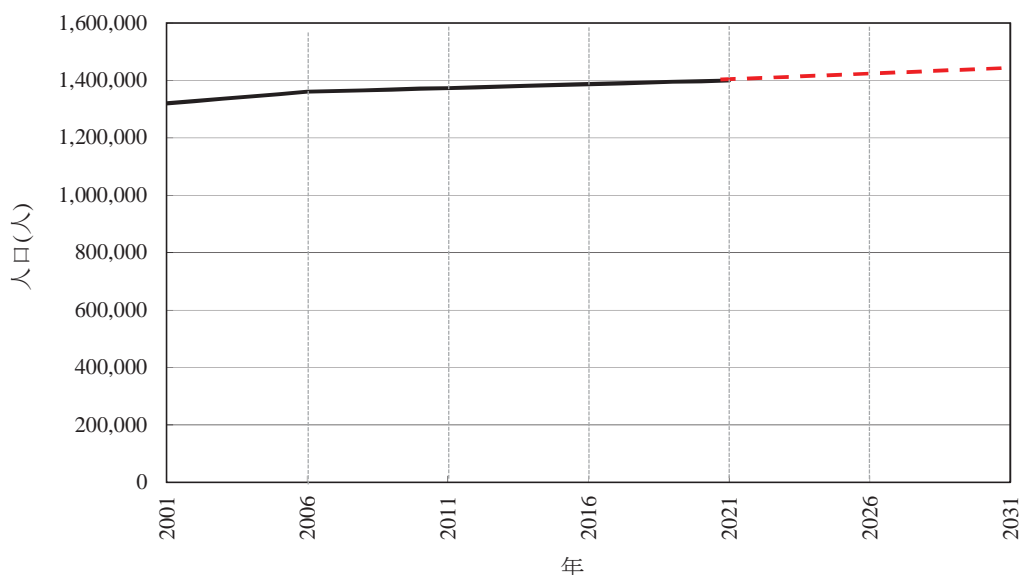


図 2.21 都市計画区域内の計画人口 (MP2021)

2011 年に最新の Census が実施され、2012 年に第 1 回目の統計結果が公表された。これによると、図 2.22 に示すようにベオグラード市全体の居住者は 1,639,121 人であり、2002 年の Census の結果である 1,576,124 人から約 4%増加している。これは、MP2021 で推定された 2002 年から 2011 年までの人口増加率である 3.4%よりも若干高い数値であるが、これまでのところ MP2021 で推定された計画人口に沿った人口増加であると考えられる。

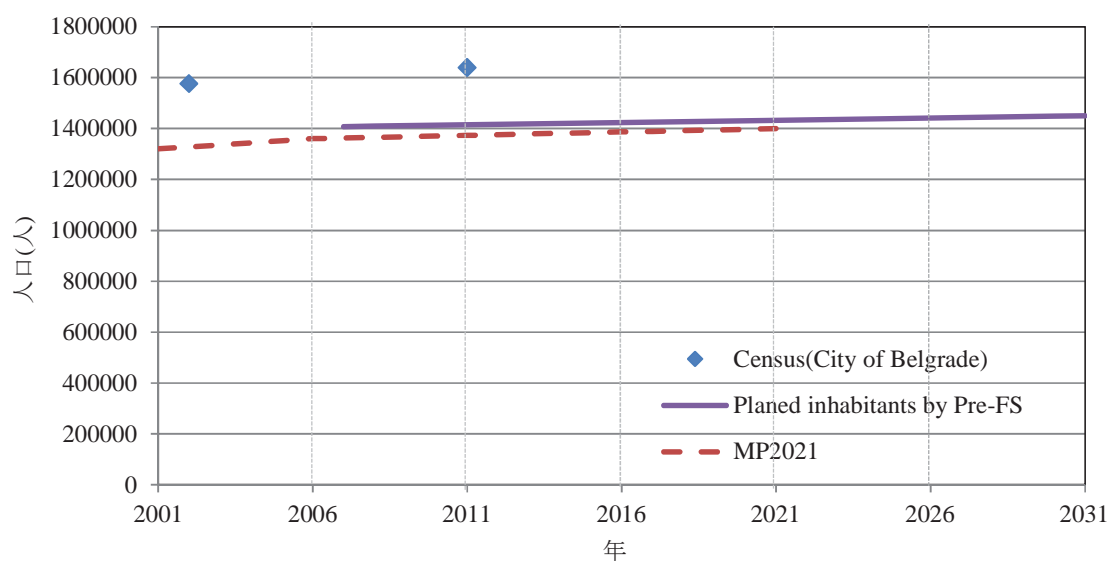


図 2.22 都市計画区域内人口及び下水道計画人口

Pre-F/S with M/P は、さらに詳細な集水分区別の計画人口を推定するため、直近の人口統計であった 2002 年の Census 結果、2007 年の下水道の料金請求書の軒数及び住所、および下水道集水分区を Geographic Information System (GIS)に入力し、2007 年における集水分区別の計画人口を算出している。計画人口の概要を表 2.16 に示す。

表 2.16 集水分区別推定人口 (2007 年)

		No	集水分区	面積 (ha)	計画人口
Central 処理区	Ušće PS 集水区域	1	Gornji Zemun	2,580	110,499
		2	Karadordev trg	340	62,892
		4	Nova Nova	360	56,179
		3	Galovica	930	105,351
		5	Gazela	330	16,693
		6	Ušće immediate basin	210	6,182
		小計		4,750	357,796
	Mostar PS 集水区域	14	Topčider collector	7,800	133,093
		15	Senjak	190	5,950
		16	Železnik	6,580	104,804
		17	Banovo Brdo	380	53,847
		小計		14,950	297,694
	Mokrolug Collector 集水区域	9	Duboki creek	210	48,225
		10	Čubura collector	270	37,289
		11	Mokrolug collector	1,270	48,443
		12	Kumodraž collector	810	51,492
		13	Banjica collector	490	45,430
		小計		3,050	230,879

		No	集水分区	面積 (ha)	計画人口
Danube Catchment Area 集水区域	7		Bulbulder collector	690	124,566
	8		Mirijevo collector	1,010	60,699
	18		Danube immediate basin	5,450	131,348
	小計			7,150	316,613
Central 処理区計				29,900	1,202,982
Batajnica 処理分区				13,650	64,724
Banat 処理分区				12,210	63,063
Bolec 処理分区				14,470	56,816
Ostruznica 処理分区				6,540	19,833
合計				76,770	1,407,418

出典：Pre-F/S with M/P

この結果に基づき、表 2.17 に示すように 2031 年までの集水分区別の計画人口を推定している。

表 2.17 集水分区別計画人口

Central 処理区	集水分区	2007		2010	2012	2015	2021	2031
		人口	%					
		Ušće PS 集水区域	1. Gornji Zemun	110,499	7.85	110,900	111,200	111,600
2. Karadordev trg	62,892		4.47	63,200	63,300	63,550	64,000	64,800
3. Nova Nova	56,179		3.99	56,400	56,500	56,750	57,150	57,900
4. Galovica	105,351		7.49	105,700	106,000	106,400	107,200	108,550
5. Gazela	16,693		1.19	16,800	16,800	16,850	17,000	17,200
6. Ušće immediate basin	6,182		0.44	6,200	6,200	6,250	6,300	6,350
小計	357,796		25.42	359,200	360,000	361,400	364,100	368,600
Mostar PS 集水区域	14. Topčider collector	133,093	9.46	133,600	134,000	134,450	135,400	137,100
	15. Senjak	5,950	0.42	5,950	6,000	6,050	6,100	6,150
	16. Železnik	104,804	7.45	105,250	105,450	105,850	106,650	108,000
	17. Banovo Brdo	53,847	3.83	54,050	54,200	54,400	54,800	55,500
	小計	297,694	21.16	298,850	299,650	300,750	302,950	306,750
Mokrolug 集水区域	9. Duboki creek	48,225	3.43	48,400	48,500	48,700	49,100	49,700
	10. Čubura collector	37,289	2.65	37,450	37,500	37,650	37,950	38,400
	11. Mokrolug collector	48,443	3.44	48,600	48,750	48,900	49,300	49,900
	12. Kumodraž collector	51,492	3.66	51,700	51,800	52,000	52,400	53,050
	13. Banjica collector	45,430	3.23	45,600	45,700	45,900	46,200	46,800
	小計	230,879	16.41	231,750	232,250	233,150	234,950	237,850
Danube 集水区域	7. Bulbulder collector	124,566	8.85	126,250	125,350	125,800	126,750	128,350
	8. Mirijevo	60,699	4.31	61,400	61,100	61,300	61,800	62,550
	18. Danube immediate basin	131,348	9.33	130,150	132,150	132,700	133,650	135,300
	小計	316,613	22.49	317,800	318,600	319,800	322,200	326,200

	集水分区	2007		2010	2012	2015	2021	2031
		人口	%					
	Central処理区計	1,202,982	85.47	1,207,600	1,210,500	1,215,100	1,224,200	1,239,400
	Batajnica 処理分区	64,724	4.6	65,000	65,100	65,350	65,900	66,700
	Banat 処理分区	63,063	4.48	63,300	63,500	63,700	64,200	65,000
	Bolec 処理分区	56,816	4.04	57,000	57,200	57,400	57,800	58,500
	Ostruznica 処理分区	19,833	1.41	19,900	20,000	20,050	20,200	20,400
	合計	1,407,418	100	1,412,800	1,416,300	1,421,600	1,432,300	1,450,000

出典：Pre-F/S with M/P

以上より、Pre-F/S with M/P で策定した下水道計画人口は、現在のところ計画通りに推移している。それを基に計画された集水分区人口も当時の推定値から大きく変動していない判断し、本調査では Pre-F/S with M/P で推定された計画人口を適用した。

(2) Central 処理区の計画汚水量

(A) ベオグラード市の上水道使用量

ベオグラードの上水道事業は BVK により運営されている。2011 年の浄水量は約 202 百万 m³ であり、この原水は主にサヴァ川からの直接取水および河川沿いに設置された 99 箇所の井戸からの地下水（伏流水）の取水によって賄われている。浄水場はベオグラード市内に 5 箇所あり、Makis 浄水場および Vinca 浄水場はそれぞれサヴァ川もしくはドナウ川からの取水、Banovo Brdo 浄水場と Bezanua 浄水場は、井戸からの取水、Bele Vode 浄水場はサヴァ川および井戸からの取水を行っている。地下水量と河川水量の比は表 2.18 に示すように、全体の 55% が地下水、残りの 45% が河川水となっている。

表 2.18 浄水量 (2011 年)

	浄水量 (m ³)	%
地下水	110.736.668	55
河川水	91.289.822	45
合計	202.026.490	100

出典：BVK

上水道供給区域はベオグラード市の都市計画区域内及びその周辺の基礎自治体である。周辺区域は、Surčin の一部、Palilula、Zemun の一部、Voždovac の一部、Grocka の一部、および Barajevo である。原水・送水管ネットワークの模式図を図 2.23 に、2000 年からの浄水量、配水量、および有収水量の推移を表 2.19 に示す。

ベオグラード市の家庭用水 (Inhabitants) 及び商業・工業用水量 (Legal entities) は 2003 年頃から年々減少傾向にあり、2011 年の有収水量は、2000 年と比較して 2 割以上の減少となっている。

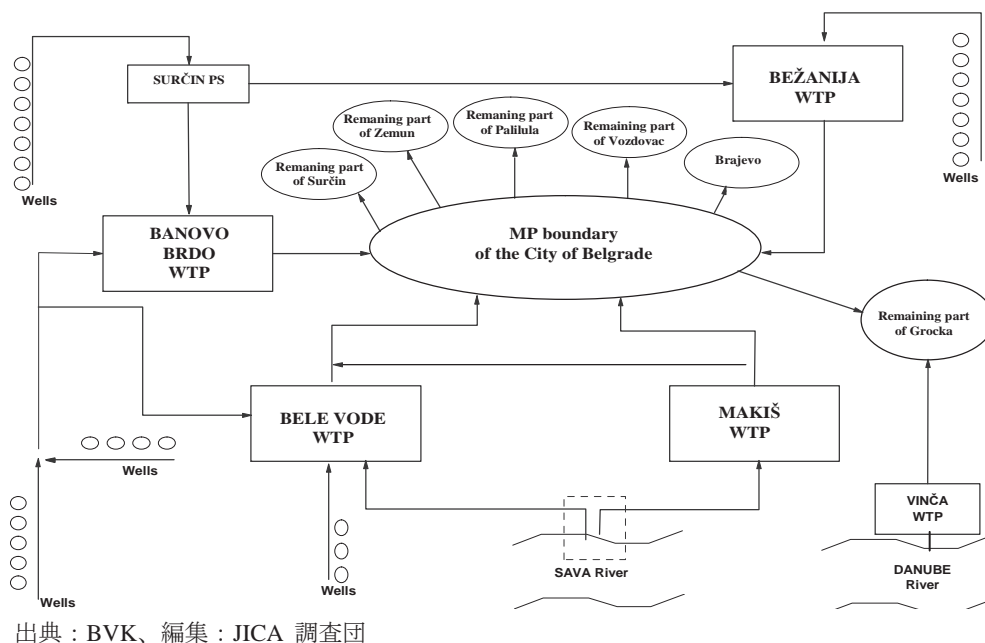


図 2.23 上水道の原水・送水管模式図

表 2.19 浄水量、配水量および有収水量の推移

年	年間水量					
	取水量 (m ³)	浄水/導水 損失 (m ³)	配水量 (m ³)	有収水量 全体 (m ³)	有収水量 家庭用水 (m ³)	有収水量 商業・工業等 (m ³)
2000	245,386,599	9,681,757	235,704,842	163,345,726	116,914,983	46,430,743
2001	241,144,118	9,803,531	231,340,587	153,626,951	108,562,832	45,064,119
2002	231,198,353	9,369,704	221,828,649	158,302,057	115,618,460	42,683,597
2003	245,013,929	8,613,933	236,399,996	158,132,114	115,834,903	42,297,211
2004	236,899,986	9,136,706	227,763,280	154,338,543	113,850,554	40,487,989
2005	226,856,348	9,532,310	217,324,038	158,283,095	118,656,861	39,616,234
2006	223,148,194	9,230,914	213,917,280	151,896,227	116,067,411	36,513,013
2007	220,762,893	9,826,869	210,936,024	150,166,537	113,913,716	36,252,821
2008	217,638,685	-	-	138,749,740	105,664,594	33,085,146
2009	213,543,319	-	-	138,388,583	107,127,640	31,260,943
2010	202,537,587	-	-	131,983,524	103,059,627	28,923,897
2011	202,026,490	9,721,543	192,304,947	127,834,825	99,931,664	27,903,161

出典：BVK

近年の有収水量ベースの生活用水使用量を給水人口で除した1人1日平均使用量を表 2.20 に示す。給水人口は年々増加しているものの、使用水量の減少割合が大きいため、1人1日平均使用量は2011年で183ℓ/人/日となり、2005年と比較して約40ℓ/人/日もの減少となっている。

表 2.20 家庭用水の1人1日平均使用量の推移

年	(A) 有収水量 家庭用水 (m ³ /年)	(B) 給水人口 (人)	1人1日平均使用量 (ℓ/人/日) (A)/365/(B)x1000
2005	118,656,861	1,432,922	227
2006	116,067,411	1,458,716	218
2007	113,913,716	1,482,743	210
2011	99,931,664	1,492,522	183

出典：BVK

次いで、商業・工業等の使用水量の推移を表 2.21 に示す。Pre-F/S with M/P では、商業・工業等の有収水量を MP2021 の計画従業員数で除して従業員1人1日平均使用水量を計画しているが、近年の従業員数の統計値が明らかでないため、給水人口で除した1人1日平均使用水量を併記した。これによると、商業・工業等の1人1日平均使用水量も減少傾向にあり、2011年の給水人口の実績値に基づいた1人1日平均使用水量は51ℓ/人/日であり、2005年と比較して25ℓ/人/日の減少となっている。

表 2.21 商業・工業用水等の1人1日平均使用水量

	(A) 有収水量 商業・工業等 (m ³ /年)	(B) *計画 従業員数 (人)	(C) 給水人口 (人)	1人1日平均使用量 (ℓ/人/日)	
				従業員当り： (A)/365/(B) x1000	全人口当り： (A)/365/(C) x1000
2005	39,616,234	448,000	1,432,922	242	76
2006	36,513,013	457,000	1,458,716	219	72
2007	36,252,821	465,000	1,482,743	214	66
2011	27,903,161	499,000	1,492,522	153	51

出典：BVK、*MP2021

図 2.24 に、給水量及び使用水量の2000年からの推移を示す。使用水量は減少傾向であることが見て取れる。家庭使用水量の減少の理由の1つとして上下水道料金の値上がりがかえられている。

“Belgrade waterworks and sewerage development and reforms from 2000 until 2008, BVK”によると、家庭用の上下水道料金は2000年に約0.03 EUR/m³であったが2007年には0.38 EUR/m³の約10倍もの値上がりとなっている。現在も料金上昇は続き2012年時点で約0.45 EUR/m³となっている。この料金上昇により、顧客は水道の使用量を控えたものと考えられる。

また、図 2.24 の配水量 (Supplied water) と使用量 (Billed water) の差が無収水量であり、

約 30%である。BVK は年間約 20~40km 程度の水道管を取り替えているが、無収水量の削減には繋がっていない模様である。無収水量の削減にさらなる投資を行わない限り、この傾向は当面続くと考えられる。

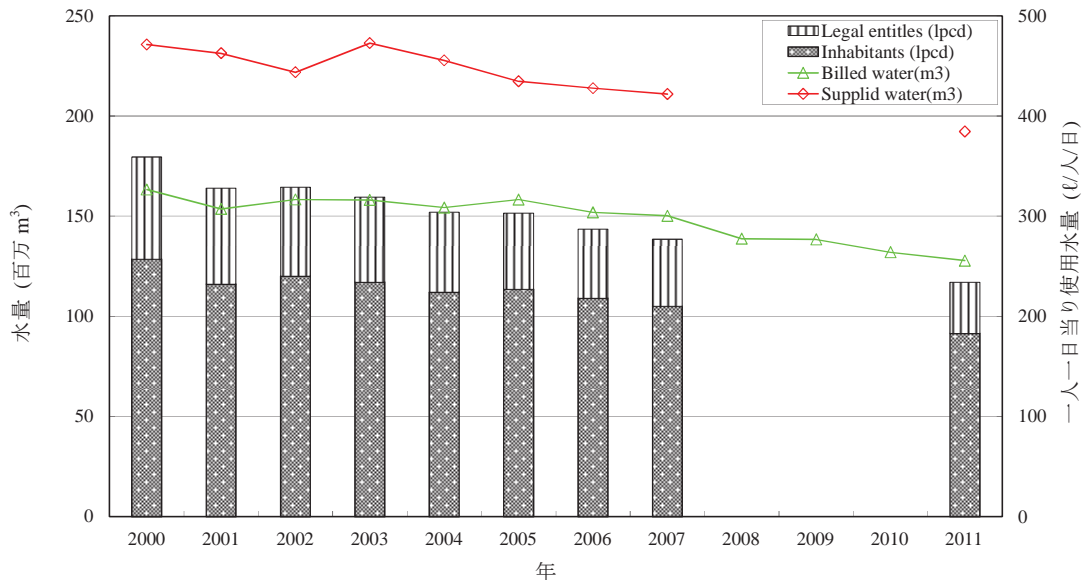


図 2.24 給水量及び使用水量の推移

これらの状況下で、Pre-F/S with M/P は将来の家庭及び商業・工業等の使用水量について下記のシナリオを提案している。

- 第1案・・・2031年まで現在の使用水量と同水準が続く
- 第2案・・・2031年までに使用水量は30%減少する

近年の状況を鑑みると第2案が妥当であると考えられるが、Pre-F/S with M/P では第1案が採用されている。Pre-F/S with M/P はベオグラード市、LDA、及びBVKの照査を受け2011年に承認を受けた計画であり、計画諸元値については十分な議論がなされていることから、本プロジェクトの使用水量については、Pre-F/S with M/P で採用された表 2.22 に示す値を適用する。

ただし、次回のセンサス調査には計画人口や使用水量の動向が明らかになり、計画フレームの検証に十分な統計情報が揃うため、センサス調査の結果を基に下水道マスタープランの見直しを行い、下水道施設、特に下水道処理場について、流入水量に見合った施設に調整することを推奨する。

表 2.22 1人1日平均使用水量

年	1人1日平均使用水量	
	家庭用水	商業・工業等
2007-2031	220 ℓ/人/日	従業員数で除した場合 200 ℓ/人/日 計画人口で除した場合 2015年 60 ℓ/人/日 2021年 64 ℓ/人/日 2031年 67 ℓ/人/日

(B) 転換率

上水使用量から下水排水量への転換率について、Pre-F/S with M/P ではセルビア国の文献値に基づき 0.8 を採用している。これについても十分に議論され採用されている値であるため、本調査にて適用する。

(C) 計画汚水量（生活・営業・工業等）

上記の結果から、生活・営業・工業等の計画汚水量を表 2.23 に示す。

表 2.23 計画汚水量（生活・営業・工業等）

	集水分区	生活(m ³ /日)			営業・工場等(m ³ /日)			合計(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年	2015年	2021年	2031年	2015年	2021年	2031年
Ušće PS 集水区域	1. Gornji Zemun	17,400	18,000	18,200	4,200	4,400	4,700	21,600	22,400	22,900
	2. Karadorđev trg	9,900	10,200	10,400	3,900	4,100	4,400	13,800	14,300	14,800
	3. Nova Nova	8,800	9,100	9,300	3,500	3,800	4,000	12,300	12,900	13,300
	4. Glavica	16,600	17,200	17,400	3,100	3,300	3,500	19,700	20,500	20,900
	5. Gazela	2,600	2,700	2,800	2,200	2,300	2,500	4,800	5,000	5,300
	6. Ušće immediate	1,000	1,000	1,000	1,000	1,100	1,200	2,000	2,100	2,200
	小計	56,300	58,200	59,100	17,900	19,000	20,300	74,200	77,200	79,400
Mostar PS 集水区域	14. Topčider collector	23,000	23,800	24,100	5,800	6,100	6,600	28,800	29,900	30,700
	15. Senjak	1,000	1,100	1,100	300	300	400	1,300	1,400	1,500
	16. Železnički	18,100	18,800	19,000	2,800	3,000	3,200	20,900	21,800	22,200
	17. Banovo Brdo	9,300	9,600	9,800	3,700	3,900	4,200	13,000	13,500	14,000
		小計	51,400	53,300	54,000	12,600	13,300	14,400	64,000	66,600
Mokrolug Collector 集水区域	9. Duboki creek	8,300	8,600	8,700	2,300	2,400	2,600	10,600	11,000	11,300
	10. Čubura collector	6,400	6,700	6,800	2,200	2,400	2,500	8,600	9,100	9,300
	11. Mokrolug collector	8,400	8,700	8,800	2,500	2,700	2,900	10,900	11,400	11,700
	12. Kumodraz collector	8,900	9,200	9,300	1,700	1,800	1,900	10,600	11,000	11,200

	集水分区	生活(m ³ /日)			営業・工場等(m ³ /日)			合計(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年	2015年	2021年	2031年	2015年	2021年	2031年
	13. Banjica collector	7,900	8,100	8,200	8,200	8,700	9,300	16,100	16,800	17,500
	小計	39,900	41,300	41,800	16,900	18,000	19,200	56,800	59,300	61,000
Danube 集水区域	7. Bulbuderski collector	21,500	22,300	22,600	10,200	10,800	11,600	31,700	33,100	34,200
	8. Mirijeovski collector	10,500	10,900	11,000	900	900	1,000	11,400	11,800	12,000
	18. Danube immediate	22,700	23,500	23,800	14,800	15,700	16,800	37,500	39,200	40,600
	小計	54,700	56,700	57,400	25,900	27,400	29,400	80,600	84,100	86,800
合計		202,300	209,500	212,300	73,300	77,700	83,300	275,600	287,200	295,600

出典：Pre-F/S with M/P

(D) 計画汚水量（浸入水量）

浸入水量（地下水及び表流水の浸入等）は、2007-2008年のサンプリング調査を基に Pre-F/S with M/Pにより推定されている。Central 処理区における浸入水量原単位は、2015年まで0.12 l/秒/ha、2021年まで0.10 l/秒/ha、2031年まで0.05 l/秒/haが採用されている。これらの浸入水量は実績値を基に推定された値であることから妥当な値であると判断し、本プロジェクトにて適用する。

表 2.24 計画水量（浸入水量）

	集水分区	浸入水量(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年
Ušće PS 集水区域	1. Gornji Zemun	9,500	7,300	8,100
	2. Karadordev trg	12,100	11,700	11,700
	3. Nova Nova	2,300	2,500	2,700
	4. Glavica	4,600	6,100	6,700
	5. Gazela	800	1,100	1,100
	6. Ušće immediate basin	500	600	700
	小計	29,800	29,300	31,000
Mostar PS 集水区域	14. Topčider collector	21,300	25,200	27,700
	15. Senjak	500	700	700
	16. Železnički	19,000	15,800	17,100
	17. Banovo Brdo	10,500	12,100	12,300
	小計	51,300	53,800	57,800
Mokrolug Collector 集水区域	9. Duboki creek	3,300	2,900	3,000
	10. Čubura collector	3,100	3,600	3,700
	11. Mokrolug collector	3,800	4,000	4,200
	12. Kumodraz collector	3,700	4,900	5,200
	13. Banjica collector	5,700	5,200	5,300
	小計	19,600	20,600	21,400

	集水分区	浸入水量(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年
Danube 集水区域	7. Bulbuderski collector	5,500	6,000	6,100
	8. Mirijeovski collector	2,900	3,800	3,900
	18. Danube immediate basin	9,300	8,300	9,200
	小計	17,700	18,100	19,200
合計		118,400	121,800	129,400

出典：Pre-F/S with M/P

(E) 目標年次

本プロジェクトの目標年次は2031年とし、施設規模を決定する。借款契約、詳細設計、及び下水道施設の建設期間を考慮すると7～8年程度必要であると想定されるため、最短で2021年の供用開始が予想される。一方で、表2.23及び表2.24に示すように、計画汚水量の2021年から2031年までの伸びは緩やかであることから、2021年を目標年次として施設規模を決定した場合、2031年にて2021年からの増加量分を増設する事は経済的ではない。特に、管きよについては、2031年の水量を見越して建設が始まり、既に完成している区間もあるため、2031年とすることが望ましい。ただし、下水処理場及び機械電気設備については、段階的に整備することが可能であるため、全体の規模を2031年の水量で定め、本プロジェクトで対象とする水量に見合った系列分の建設を行う。

(F) 計画フレーム

本プロジェクトで適用する計画フレームを表2.25に示す。

表 2.25 Central 処理区の計画フレーム

項目	計画値	備考
1. 計画人口		
Central 処理区	2015: 1,215,100 2021: 1,224,200 2031: 1,239,400	
Bolec 処理分区	2015: 12,000 2021: 16,000 2031: 23,700	LDAによると、Bolec 処理分区の汚水を2031年までに Veliko Selo 下水処理場に接続する計画である。
2. 日平均使用水量		
家庭用水	220 ℓ/人/日	
商業・工業等	200 ℓ/人/日 (従業員当り)	
3. 転換率	0.80	下水排水量/上水使用量
4. 浸入水量	0.05～0.12 ℓ/秒/ha	

(G) 変動率

1) 生活・営業・工業

Pre-F/S with M/P では、日平均水量に対する日最大水量の変動率を“1.1”としている。

表 2.26 変動率(生活・営業・工業)

変動率	備考
1.1	日最大/日平均

表 2.27 に示すように、浄水量の年間変動は概ね 1.05 である。このため、Pre-F/S with M/P で用いられている変動率“1.1”は妥当であると考えられる。

表 2.27 浄水量の年間変動

月	浄水量 (m ³)		
	2009年	2010年	2011年
1月	18,244,246	17,059,558	16,474,704
2月	16,221,915	15,716,754	15,121,795
3月	17,966,316	17,423,212	16,704,345
4月	17,597,243	16,476,724	16,023,585
5月	18,631,004	17,086,836	16,762,663
6月	17,657,108	17,082,883	17,045,368
7月	18,443,934	17,686,679	17,530,116
8月	18,366,296	17,486,468	17,914,649
9月	17,794,628	16,581,758	17,560,832
10月	18,029,957	17,231,971	17,382,961
11月	17,148,380	16,104,071	16,661,365
12月	17,442,292	16,600,673	16,844,107
合計	213,543,319	202,537,587	202,026,490
平均	17,795,277	16,878,132	16,835,541
最小	16,221,915	15,716,754	15,121,795
最大	18,631,004	17,686,679	17,914,649
最大/平均	1.05	1.05	1.06

出典: BVK

2) 浸入水

Per-FS with MP では、年間変動を“1.30”としている。これは 2007 年に水量調査によって得られた実績値に基づいているため、妥当な値であると考えられる。

表 2.28 変動率(浸入水)

変動率	備考
1.30	日最大/日平均

(H) 各集水区域別の経年別計画水量

Ušće PS 集水区域の経年別計画水量を表 2.29 に示す。

表 2.29 Ušće PS 集水区域の計画水量

	集水分区	日平均(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年
Ušće PS 集水区域	Gornji Zemun	31,100	29,700	31,000
	Karadordev trg	25,900	26,000	26,500
	Nova Nova	14,600	15,400	16,000
	Galovica	24,300	26,600	27,600
	Gazela	5,600	6,100	6,400
	Ušće immediate basin	2,500	2,700	2,900
	合計	104,000	106,500	110,400

Mostar PS 集水区域の経年別計画水量を表 2.30 に示す。

表 2.30 Mostar PS 集水区域の計画水量

	集水分区	日平均(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年
Mostar PS 集水区域	Železnik	39,900	37,600	39,300
	Banovo Brdo	23,500	25,600	26,300
	Topčider collector	50,300	55,000	58,400
	Senjak	1,800	2,100	2,200
	合計	115,500	120,300	126,200

Mokrolug Collector 集水区域の経年別計画水量を表 2.31 に示す。

表 2.31 Mokrolug Collector 集水区域の計画水量

	集水分区	日平均(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年
Mokrolug collector 集水区域	Duboki creek	13,900	13,900	14,300
	Čubura collector	11,700	12,700	13,000
	Mokrolug collector	14,700	15,400	15,900
	Kumodraž collector	14,300	15,900	16,400
	Banjica collector	21,800	22,000	22,800
	合計	76,400	79,900	82,400

Danube 集水区域の経年別計画水量を表 2.32 に示す。

表 2.32 Danube 集水区域の計画水量

	集水分区	日平均(m ³ /日)		
		2015年	2021年	2031年
Danube 集水区域	Bulbuder collector	37,200	39,100	40,300
	Mirijevo collector	14,300	15,600	15,900
	Danube immediate basin	46,800	47,500	49,800
	合計	98,300	102,200	106,000

(3) Central 処理区の汚濁負荷量

Pre-F/S with M/P は 2007 年～2008 年に Central 処理区内の 10 箇所にサンプリング地点を設け、汚濁負荷量の実績値を算定している。なお、10 箇所のサンプリング地点は、Central 処理区の集水面積約 10,000ha のうち、8,270ha を網羅し、下水道接続人口約 1,200,000 人のうち、1,113,510 人が含まれている。表 2.33 に示すように、調査結果から算定した汚濁負荷原単位がドイツ基準値と類似していることからドイツ基準を採用している。本調査結果から算出した原単位は、現時点で最も信頼できる情報であると考えられることから、本調査もこれを採用する。

表 2.33 MP2021 における汚濁負荷量測定結果

Item		汚濁負荷量 (汚濁負荷原単位)	備考 (設計基準)
汚濁負荷量	BOD ₅	53,942kg/日 (48g/人)	58g/人(日本) 60g/人(ドイツ)
	COD _{cr}	130,280 kg/日 (117g/人)	27g/人(日本)* 120g/人(ドイツ)
	SS	68,623 kg/日 (62g/人)	45g/人(日本) 70g/人(ドイツ)

Item		汚濁負荷量 (汚濁負荷原単位)	備考 (設計基準)
	全ケルダール窒素	12,646 kg/日 (11g/人)	11g/人(日本) 11g/人(ドイツ)
	全リン	2,277 kg/日 (2g/人)	1.3g/人(日本) 2.5g/人(ドイツ)

注記：日本の設計基準では COD は COD_{Mn}、窒素は全窒素である。

(4) Veliko Selo 下水処理場の計画フレーム

(A) 計画流入水量

本調査における Veliko Selo 下水処理場の計画流入水量を表 2.34 に示す。

表 2.34 計画流入水量

	2015年	2021年	2031年
日平均水量	394,000 m ³ /day	409,000 m ³ /day	448,700 m ³ /day
日最大水量	464,000 m ³ /day	474,000 m ³ /day	521,200 m ³ /day
晴天時時間最大水量	696,000 m ³ /day	717,100 m ³ /day	788,800 m ³ /day
雨天時時間最大水量	1,209,600m ³ /day	1,252,800 m ³ /day	1,341,100 m ³ /day

注記：Kmax hour (時間最大/日最大) は 1.5、Kmax rain (雨天時時間最大/晴天時時間最大) は 1.75、2031 年の流入水量は Bolec 処理分区を含む

(B) 流入汚濁負荷量

本調査における Veliko Selo 下水処理場の計画流入水量を表 2.35 に示す。

表 2.35 計画汚濁負荷量

項目		2015年	2021年	2031年
人口等量(PE)		1,301,000	1,347,000	1,439,000
BOD ₅	60g/PE/day	78,060 kg/day	80,820 kg/day	86,340 kg/day
CODcr	120g/PE/day	156,120 kg/day	161,640 kg/day	172,680 kg/day
TSS	70g/PE/day	91,070 kg/day	94,290 kg/day	100,730 kg/day
T-kN	11g/PE/day	14,311 kg/day	14,817 kg/day	15,829 kg/day
T-P	2.5g/PE/day	3,253 kg/day	3,368 kg/day	3,598 kg/day

注記：人口等量は、BOD₅の総汚濁負荷量を 60g/person/day で除した値
2031 年の汚濁負荷量は、Bolec 処理分区を含む

2.4.2 下水道整備計画

Central 処理区の下水道整備は図 2.25 に示すように、各集水区域の汚水をインターセプターに流下させ、Veliko Selo 下水処理場にて汚水を処理し、ドナウ川に処理水を放流する方針としている。この整備方針に基づき一部の下水道施設が既に建設されているため、本調査ではこの方針に沿った計画のもと、さらなる検討が必要であると判断される場合において既存計画との代替案との比較検討を行い、最適案を選定するものとした。

集水区域ごとの污水管路、インターセプター、および Veliko Selo 下水処理場の整備方針及び整備計画を以下に示す。

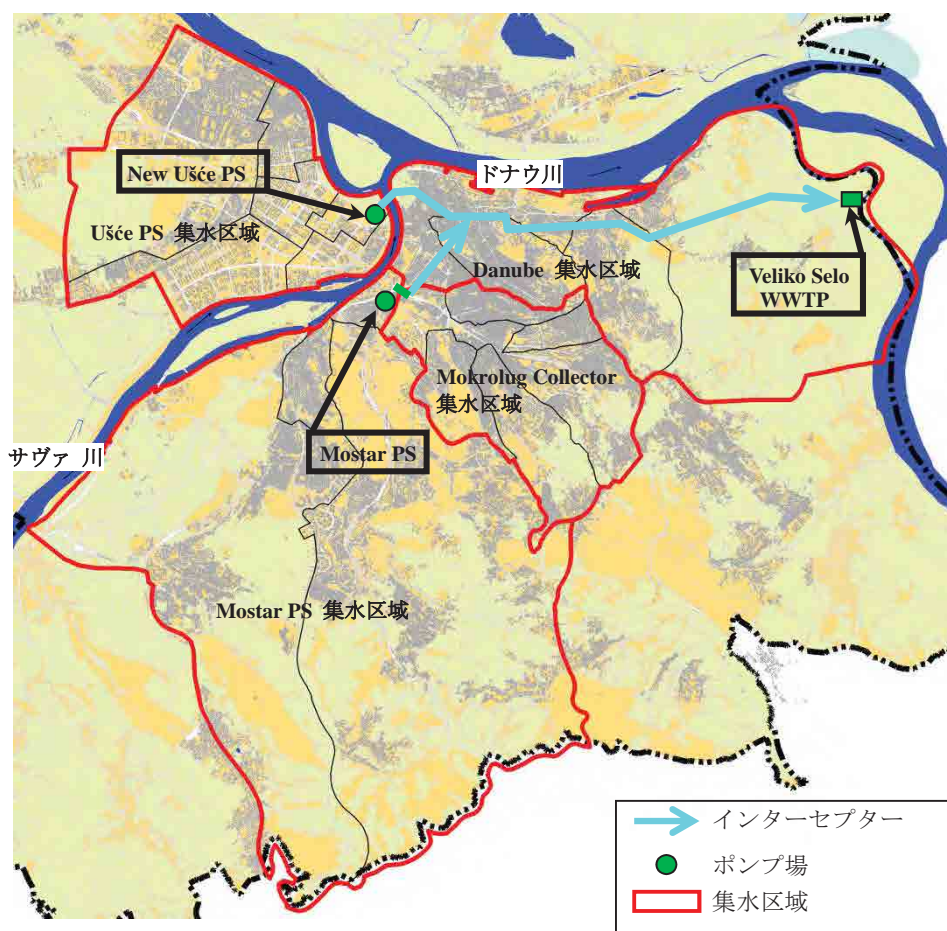


図 2.25 Central 処理区の下水道整備案

(1) Ušće PS 集水区域の整備方針及び整備計画

Pre-F/S with M/P では本集水区域の汚水は、New Ušće ポンプ場からサヴァ川対岸のインターセプターまで圧送し、Veliko Selo 下水処理場へと流下させる方針である。本集水区域の下水道整備に関する検討課題として、New Ušće ポンプ場の予定地、サヴァ川を横断する圧送管の形状、および New Ušće ポンプ場の機能が挙げられる。

New Ušće ポンプ場の予定地については、既存計画（Preliminary Design 2009 年, Institute “Jaroslav Cerni”）にて提案され、まもなく Location Permission が取得されること、またポンプ場が建設できる十分な用地が確保されていることから、本プロジェクトも原則としてこれを踏襲する。なお、New Ušće ポンプ場が建設された後、既存の Ušće ポンプ場は廃止される予定である。

サヴァ川を横断する New Ušće ポンプ場からの圧送管の形状については、管径 1500mm の 1 条管が計画されている。この河川横断は、ポンプ場の集水区域の汚水を Veliko Selo 下水処理場に送水する非常に重要な役割を果たす。万が一、圧送管が破損し利用できなくなった場合、汚水を河川に直接放流することになるため、想定されるリスクや維持管理方法についてさらに十分に整理し検討することが必要と考えられる。したがって、本調査にて代替案を検討した。

New Ušće ポンプ場の機能については、既存計画に基づきポンプ場の機能や能力についての検証を行った。その結果は、第4章及び第5章の施設計画に示す。

(2) Mostar PS 集水区域の整備方針及び整備計画

本集水区域は図 2.13 に示したように、Topčider collector の上流部の下水道未整備区域を整備する必要がある。このため、Pre-F/S with M/P では、Topčider collector を順次延伸し、これらの地区の汚水を 2021 年までに取り込む計画である。また Čukarica collector の中流部の Železnik 地区の一部区域が新たに追加されたため、これらの区域についても 2021 年までに接続する計画である。Topčider collector 及び Čukarica collector にて集められた汚水は全て Čukarica PS に流下し、その後はサヴァ川に直接放流している。Čukarica PS から Mostar PS への污水管きよは敷設済みであるため、Mostar PS 以降の下水道施設が供用開始した後に、速やかに Mostar PS へ圧送する。一方、Mostar PS の汚水を下水処理場に流下させるためには、インターセプターNo.10 に接続しなければならない。Pre-F/S with M/P では新たに污水管きよを用いて Mostar PS の着水マンホールからインターセプターNo.10 まで自然流下で接続する計画であり、本調査もこれを踏襲する。

Mostar PS 集水区域からの計画汚水量を表 2.36 に示す。

表 2.36 Mostar PS 集水区域からの計画汚水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	128,000
日最大水量	150,000
雨天時時間最大水量	253,500 2,930 (l/s)

本集水区域の下水道整備に関する課題として、既存の老朽化した Mostar PS のとりあつかいが挙げられる。Mostar PS には、ポンプ 6 台、電気計装盤、ディーゼル式自家発電設備 2 台、変圧設備 2 台、その他建築設備等が設置されている。しかしながら、前項で説明したように本ポンプ場は長年運転されていないため、例え適切に維持管理を行っていたとしても、将来、運転を開始した際に、適切な運転ができない事が想定される。このため、既存の構造物及び設備について、ポンプ場の必要な機能が確保するために改築及び更新が必要になるかの診断を行った。また、本ポンプ場にはし査等を除去する除塵機が設置されていない。ポンプや管きよの摩耗を防ぐため除塵機の設置が望ましいと考えられるため、設置の可能性について検討を行った。これらは、第 5 章のポンプ場の施設計画に示す。

(3) Mokrolug Collector 集水区域の整備方針及び整備計画

本集水区域は合流式下水道が採用されている。Pre-F/S with M/P では既存の Old Mokrolug collector に合流汚水を集め、図 2.26 に示すようにインターセプター No.10 に流入する前に雨水吐室を設け、晴天時時間最大水量(Q)の 3 倍までを遮集汚水としてインターセプター No.10 に分配し、3Q 以上を越流雨水として Old Mokrolug collector を用いてサヴァ川に放流する計画である。

Mokrolug collector からの計画流量を表 2.37 に示す。

表 2.37 Mokrolug Collector からの計画流量（インターセプター No.10 の起点）

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	82,500
日最大水量	95,000
雨天時時間最大水量	425,000 4,920 (l/s)

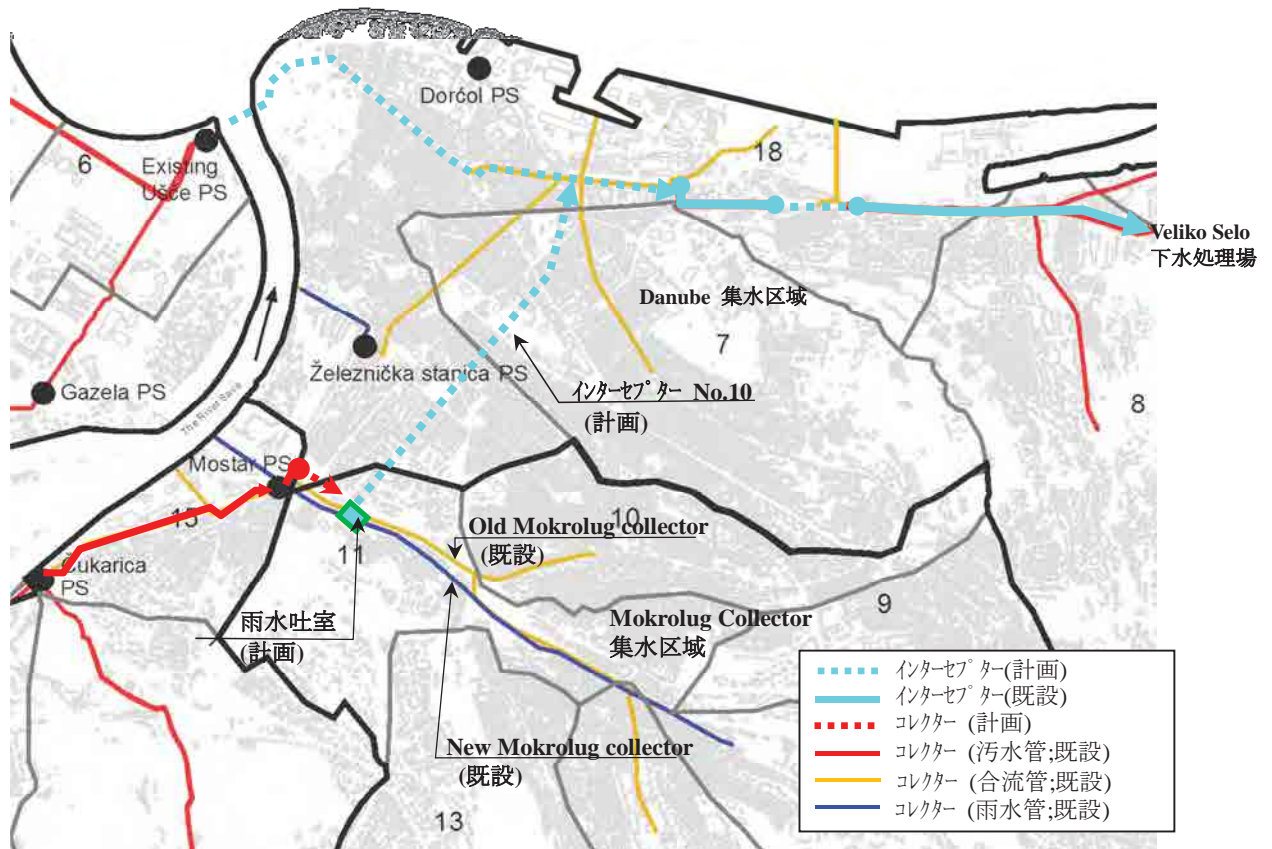


図 2.26 Mokrolug 集水区域の整備方針

本集水区域の下水道整備に関する課題として、雨水吐室の位置と Old Mokrolug collector に流入する雨量が挙げられる。Old Mokrolug collector は幹線道路沿いに敷設されているため、雨水吐室も幹線道路内に設置することになる。インターセプター No.10 の Detailed Design が実施された際に、Location Permission が取得されているが、交通への影響を極力軽減するように考慮しなければならない。また、ベオグラード市の既存下水道の項で述べたように、降雨時には Mokrolug 集水分区の上流から大量の雨水が Old Mokrolug collector に流入しているようである。したがって、現状のままインターセプターに接続すると、例えば雨水吐室で 3Q 以上を河川に放流する計画だとしても、連続して降雨が継続した場合、常時 3Q が下水処理場に運ばれることになり処理場へ与える影響は大きいと考えられる。Pre-F/S with M/P はこの課題に対し、New Mokrolug collector を延伸し且つ雨水滞水池を設ける事で Old Mokrolug collector に流入している雨量を抑制することを提案している。本調査ではこの方針を踏襲するが、Old Mokrolug collector をインターセプター No.10 に接続する時期について考慮する。

(4) Danube 集水区域の整備方針及び整備計画

本集水区域は Bulbuder collector、Mirijevo collector 及び Danube immediate の3つの集水分区からなる。さらに、Danube immediate 集水分区は、Železnička PS、Dorćol PS、Pristaniste PS、

Slanci/Veliko Selo およびその他の地区の5つに区分することができる。本調査では、既にインターセプターの一部が建設されていることから Pre-F/S with M/P で計画している各集水分区の整備方針を踏襲した。以降に、整備方針図を図 2.27 に示す。なお、各集水分区及び各地区からの計画水量についても、Pre-F/S with M/P にて提案されている以下の条件を基に算定した。

- 晴天時時間最大水量は日最大水量の 1.5 倍
- 雨天時時間最大水量は晴天時時間最大水量の 2 倍
- 雨水吐室の遮集倍率は 2 倍

Bulbuder collector 集水分区は、合流式が採用されている。このため Pre-F/S with M/P では Bulbuder collector によって集められた汚水及び雨水は雨水吐室によって遮集下水 (2Q) をインターセプターに、越流雨水を既存雨水管に接続する計画である。Bulbuder collector 集水分区からの計画水量を表 2.38 に示す。

表 2.38 Bulbuder Collector 集水分区からの計画水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	40,300
日最大水量	45,500
雨天時時間最大水量	136,500 1,580(l/s)

Mirijevo collector 集水分区は、分流式が採用されている。このため Pre-F/S with M/P では Mirijevo collector を直接インターセプターに接続する方針である。Mirijevo collector 集水分区からの計画水量を表 2.39 に示す。

表 2.39 Mirijevo Collector 集水分区からの計画水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	15,900
日最大水量	18,300
時間最大水量	27,500 320(l/s)

Danube immediate 集水分区 (Železnička PS 地区) は、合流式が採用されている。Pre-F/S with M/P では Železnička PS はサヴァ川沿いの標高の低い地域の汚水を Terazije collector に圧送し、Terazije collector はインターセプターに合流する手前で雨水吐室を設け、遮集汚水分 (2Q) をインターセプターに流下させる計画である。Železnička PS 地区からの計画水量を表 2.40 に示す。

表 2.40 Železnička PS 地区からの計画水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	18,900
日最大水量	21,600
雨天時時間最大水量	64,800 750(l/s)

注記：ポンプ容量 300l/s x 3 台 + 450l/s x 1 台 (2 台運転, 2 台予備)

Danube immediate 集水分区 (Dorćol PS 地区) は、合流式が採用されている。Dorćol PS は、ドナウ川沿いの標高の低い地域の汚水を集め、インターセプターに圧送する方針である。なお、雨水をドナウ川に排水するための圧送管は敷設済みであるが、汚水分をインターセプター側へ圧送する管きよを新たに敷設する必要がある。Dorćol PS 地区からの計画水量を表 2.41 に示す。

表 2.41 Dorćol PS 地区からの計画水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	15,100
日最大水量	17,300
雨天時時間最大水量	51,800 600(l/s)

注記：ポンプ容量 300l/s x 3 台 (2 台運転, 1 台予備)

Danube immediate 集水分区 (Pristaniste PS 地区) は、ドナウ川沿いの標高の低い地域の汚水を集め、インターセプターに圧送するため、Pre-F/S with M/P では新たに小規模の Pristaniste PS を建設する計画である。Pristaniste PS 地区からの計画水量を表 2.42 に示す。

表 2.42 Pristaniste PS 地区からの計画水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	6,300
日最大水量	7,200
雨天時時間最大水量	21,600 250(l/s)

注記：ポンプ容量 90l/s x 3 台(2 台運転, 1 台予備)+70l/s x 2 台(1 台運転, 1 台予備)

Danube immediate 集水分区 (Slanci/Veliko Selo 地区) は、Pre-F/S with M/P で新たに下水道計画区域に追加された地区であり、分流式が計画されている。この地区の計画汚水量は、Danube immediate 集水分区としての計画汚水量として計画されており、Slanci/Veliko Selo 地区からの汚水として明らかになっていないため、2011 年の Censas 結果から、Danube immediate 集水分区における Slanci/Veliko Selo 地区に居住する人口の割合を用いて算定した。表 2.43 に居住人口比を示す。

表 2.43 居住人口比

項目	2011年	比率
Danube immediate 集水分区 (Pre-F/S)	131,150	97.5%
Slanci/Veliko Selo地区 (Census2011)	3,309	2.5%

上記の比率を用いて推定した Slanci/Veliko Selo 地区からの計画水量を表 2.44 及び表 2.45 に示す。

表 2.44 Slanci/Veliko Selo 地区からの計画水量 (1)

項目		2021年	2031年
Danube immediate 集水分区	日平均水量 (m ³ /日)	47,000	50,000
	日最大水量 (m ³ /日)	54,000	57,000
Slanci/Veliko Selo 地区	日平均水量 (m ³ /日)	1,200	1,300
	日最大水量 (m ³ /日)	1,350	1,450

表 2.45 Slanci/Veliko Selo 地区からの計画水量 (2)

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	1,300
日最大水量	1,450
雨天時時間最大水量	2,200 26(l/s)

Danube immediate 集水分区 (その他の地区) は、旧市街地で Dorćol PS と Terazije collector 周辺の区域である。Pre-F/S with M/P ではその他の地区からの Collector は Terazije collector と合流し、その後、雨水吐室を経由してインターセプターに流入させる計画である。その他の地区からの計画水量を表 2.46 に示す。

表 2.46 その他の地区からの計画水量

項目	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	8,200
日最大水量	9,650
雨天時時間最大水量	29,000 340(l/s)

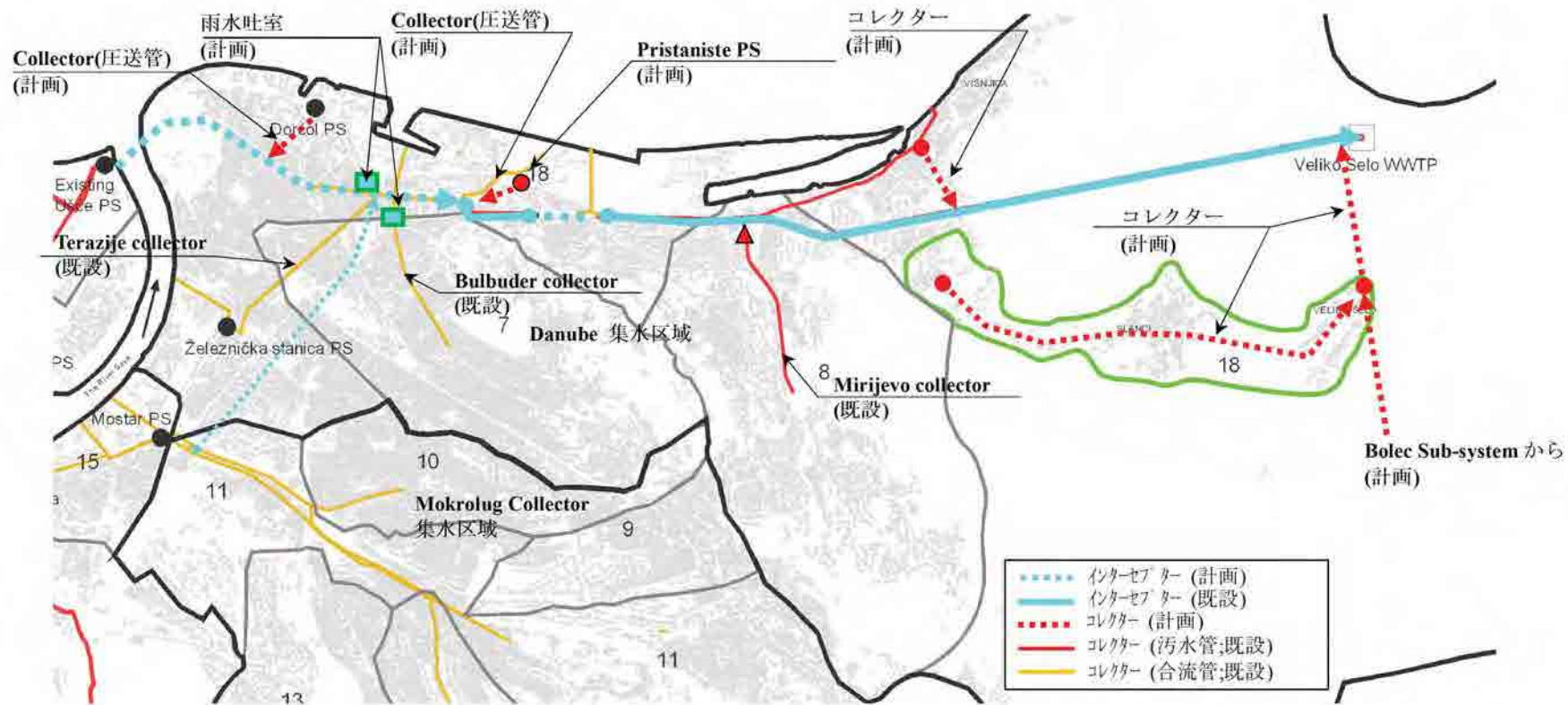


図 2.27 Danube 集水区域の整備方針

本集水区域の下水道整備に関する問題点として、下水道未整備区域である Slanci/Veliko Selo 地区の汚水の Veliko Selo 下水処理場への送水方法が挙げられる。Pre-F/S with M/P によると、この区域は 2031 年頃までに下水道整備を行い、汚水はインターセプターを経由せずに、直接 Veliko Selo 下水処理場に自然流下方式で流下させる計画である。以上から、本プロジェクトでは Slanci/Veliko Selo 地区の汚水については、図 2.27 に示すように、2031 年までに Bolec 処理分区から圧送されてくる汚水と共に Veliko Selo 下水処理場に流下させる計画とする。

(5) インターセプターの整備方針及び整備計画

インターセプターの整備方針を表 2.47 に、インターセプターの位置図を図 2.28 に示す。なお、図中の番号はインターセプターの番号を示す。

表 2.47 インターセプターの既存計画の整備方針

No	方針	備考
1	円形 1500mm の New Ušće ポンプ場からの圧送管として整備予定。	サヴァ川横断分の約 430m 及び Ušće ポンプ場からインターセプターNo.1 までの約 90m
2	円形 1400mm の New Ušće ポンプ場からの圧送管として整備予定。	km 0+000 地点から km 0+946 地点までの約 946m
3	卵形 2000mm の自然流下管として整備予定。 圧送管の着水地点から、Terazijski tunnel とインターセプターNo.10 との合流点まで。	km 0+946 地点から km 2+772 地点までの約 1830m
4	馬蹄形 3800mm の自然流下管として整備予定。 インターセプターNo.10 との合流点から、既存インターセプターNo.5 の起点まで。	km 2+772 地点から km 3+715 地点までの約 940m
5	馬蹄形 3800mm の自然流下管として整備予定。 1980 年代に敷設済み。	km 3+715 地点から km 4+238 地点までの約 520m
6	馬蹄形 3800mm の自然流下管として整備予定。 既存インターセプターNo.5 の終点から、既存インターセプターNo.7 の起点まで。	km 4+238 地点から km 5+090 地点までの 850m
7	馬蹄形 3800mm の自然流下管として整備予定。 1980 年代に敷設済み。	km 5+900 地点から km 5+867 地点までの約 780m
8	円形 4000mm の自然流下管として整備済み。	km 5+867 地点から km 6+800 地点までの約 930m
9	円形 4000mm の自然流下管として整備済み。	km 6+800 地点から km 12+639 地点(Veliko Selo WWTP)までの約 5840m
10	円形 2800mm の自然流下管として整備予定。 Mokrolug Collector 及び MostarPS 集水区域の汚水を受けてから、インターセプター No.4 の合流点まで。	約 3000 m
Mostar PS からインターセプター No.10 までの接続管	円形 1600mm の自然流下管として整備予定。 Mostar ポンプ場の着水マンホールからインターセプターNo.10 まで。	約 320m

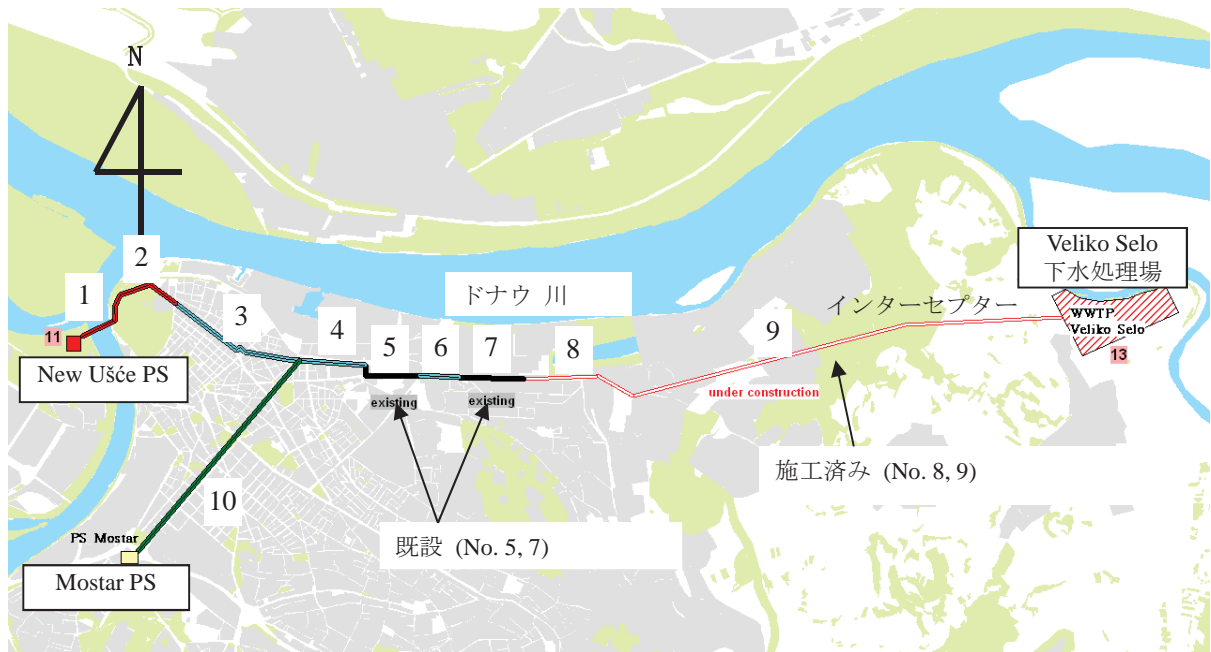


図 2.28 インターセプターの位置図

(6) Veliko Selo 下水処理場の整備方針及び整備計画

Veliko Selo 下水処理場の計画フレームは“2.4.1 既存調査のレビュー及び計画フレームの確認”の章にて示した通りである。また、Veliko Selo 下水処理場の汚水処理方式及び汚泥処理方式の選定については、第6章の施設計画に示す。Veliko Selo 下水処理場を整備するにあたり、汚水処理・汚泥処理施設を一度に建設する事は効率的であるが、多額の工事費が必要になる事、また流入水量の減少により遊休施設が発生する危険性がある事を考慮すると、流入水量の推移を確認しながら2段階で整備していくことが望ましい。よって、事業費を考慮に入れながらインターセプターに優先して接続する集水区域を決め、これを基に段階的整備計画を検討した。段階的整備計画については、第7章に示す。

(7) Central 処理区の整備計画

既存の管路網の模式図を図2.29に、集水区域別の計画水量を表2.48に示す。2021年時点でVeliko Selo 下水処理場が整備されなかった場合、各河川へ直接放流する汚水量（日平均水量）は、Mostar PS 集水区域から最も多く11.8万 m^3 /日（29%）、次いでUšće PS 集水区域の10.7万 m^3 /日（26%）、Danube 集水区域の10.2万 m^3 /日（25%）、Mokrolug collector 集水区域の8.2万 m^3 /日（20%）となる。

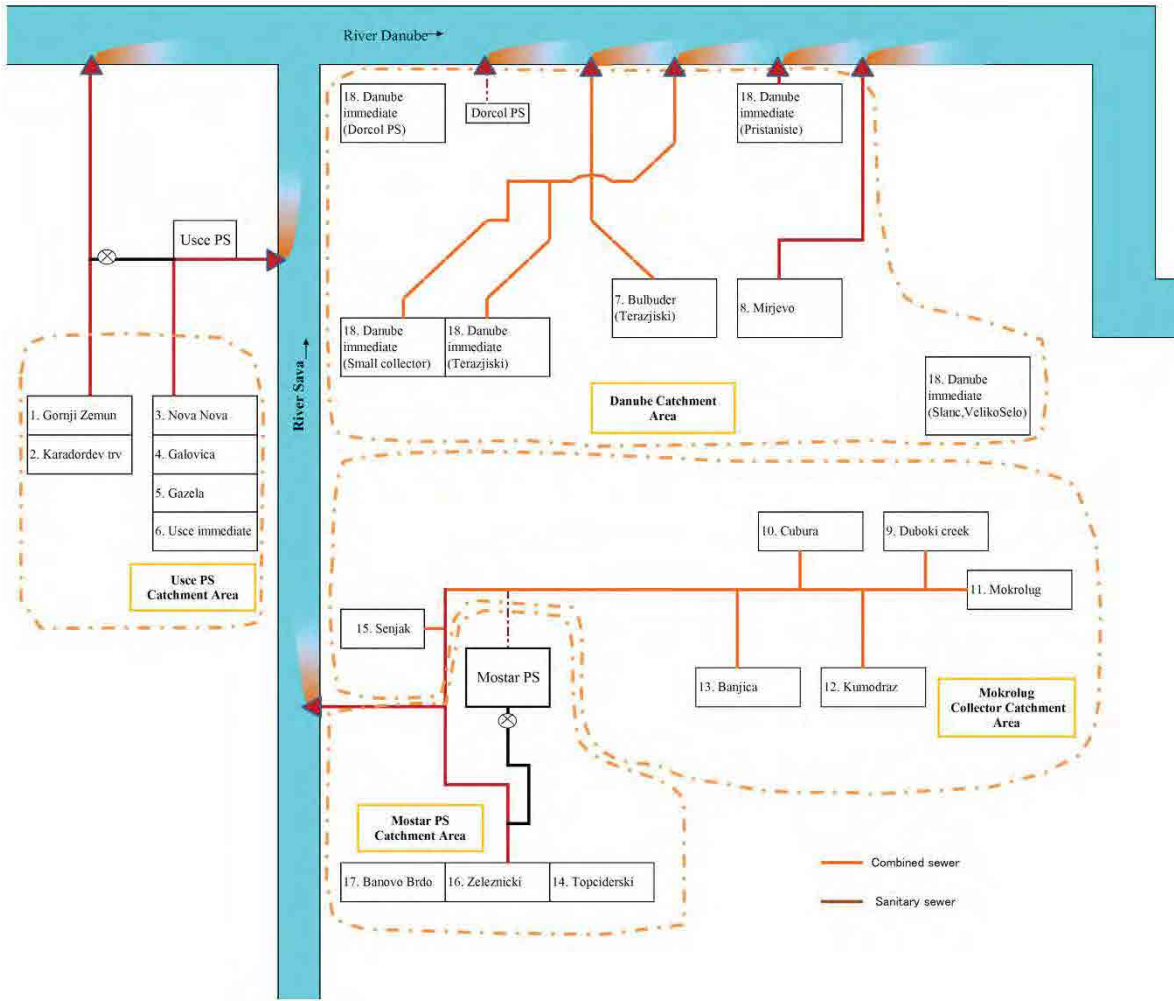


図 2.29 既存管路網の模式図

表 2.48 集水区域別の計画水量

集水分区	日平均水量 (m ³ /日)	
	2021年	2031年
1. Gornji Zemun	29,700	31,000
2. Karadorđev trg	26,000	26,500
3. Nova Nova	15,400	16,000
4. Glavica	26,600	27,600
5. Gazela	6,100	6,400
6. Ušće immediate basin	2,700	2,900
Ušće PS 集水区域 計	106,500	110,400
14. Topčider collector	55,100	58,400
16. Železnički	37,600	39,300
17. Banovo Brdo	25,600	26,300
Mostar PS 集水区域 計	118,300	124,000

集水分区	日平均水量 (m ³ /日)	
	2021年	2031年
9. Duboki creek	13,900	14,300
10. Čubura collector	12,700	13,000
11. Mokrolug collector	15,400	15,900
12. Kumodraz collector	15,900	16,400
13. Banjica collector	22,000	22,800
15. Senjak	2,100	2,200
Mokrolug collector 集水区域 計	82,000	84,600
7. Bulbuderski collector	39,100	40,300
8. Mirijevski collector	15,600	15,900
18. Danube immediate basin	47,500	49,800
Danube集水区域 計	102,200	106,000
合計	409,000	425,000

Central 処理区の下水道整備に必要な項目を表 2.49 に列挙し、それらの位置図を図 2.30 に示す。

表 2.49 Central 処理区の下水道整備項目

No.	集水区	項目	概要	備考
1	Ušće	New Ušće ポンプ場	ポンプ場の新設	調査対象施設
2		インターセプター No.1 and 2	圧送管	調査対象施設
3	Mostar	Mostar ポンプ場	改築・更新	調査対象施設
4		Mostar ポンプ場からインターセプター No.10 までの接続管	污水管	調査対象施設
5		Topčider collector	污水管	—
6		Senjak 集水分区の collector	污水管	—
7	Mokrolug	雨水吐室	雨水吐室の新設	調査対象施設
8	Danube	インターセプターNo.3	污水管	調査対象施設
9		インターセプターNo.4	污水管	調査対象施設
10		インターセプターNo.6	污水管	調査対象施設
11		インターセプターNo.10	污水管	調査対象施設
12		Dorcol ポンプ場	ポンプ交換 污水圧送管	調査対象施設
13		Pristaniste ポンプ場	ポンプ場新設 污水圧送管	—
14		Mirjevski collector からインターセプターまでの接続管	污水管	—
15		雨水吐室	Bulbuderski collector	—
16		雨水吐室	Small collector	—
17		面整備 (Slanci, Veliko Selo 地区)	污水管	—
18	面整備 (Visnijica 地区)	污水管	—	
19	—	Bolec Sub-system	新設	—
20	—	Vliko Selo 下水処理場	新設	調査対象施設

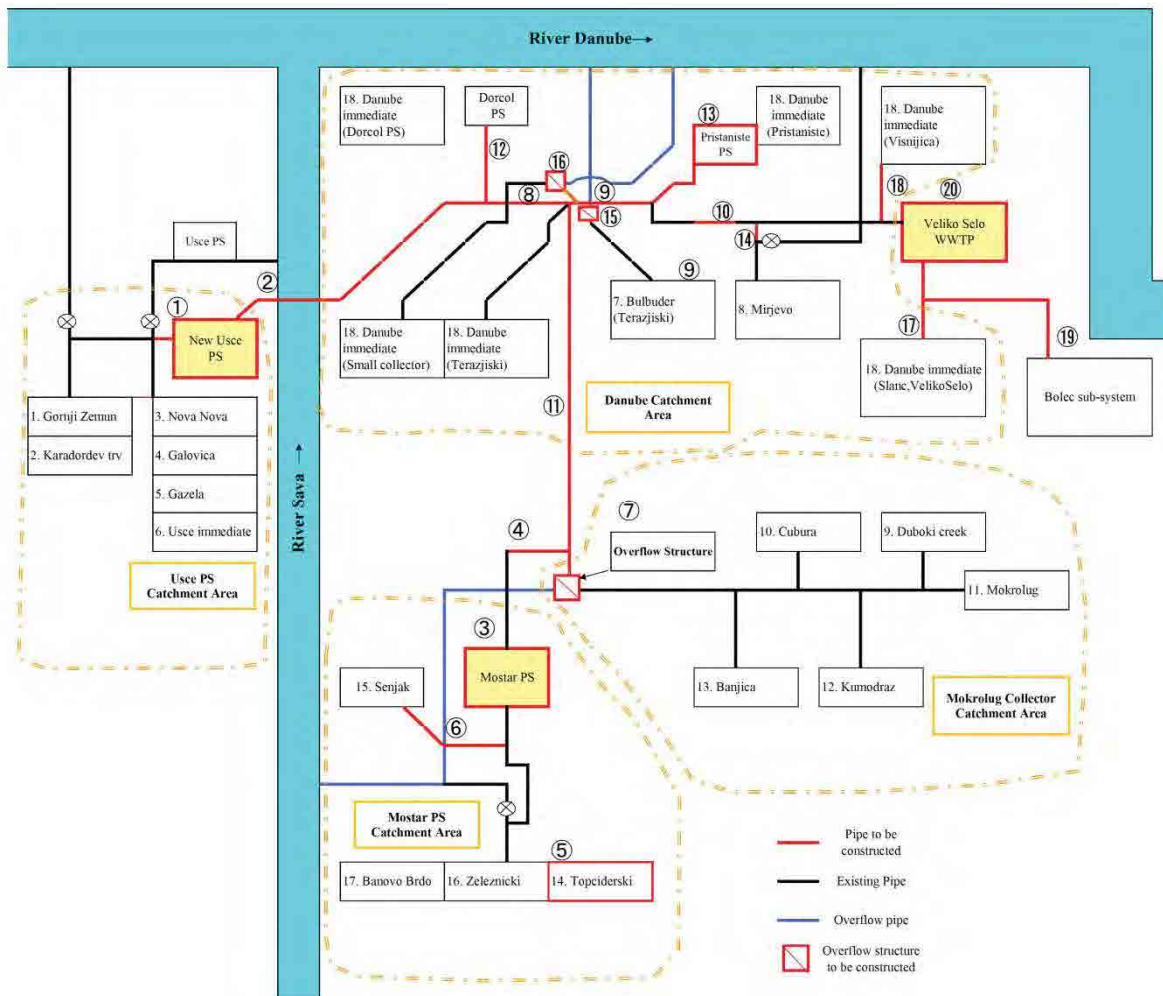


図 2.30 整備位置図

次いで、全ての整備が完了した場合の汚水管網の模式図を図 2.31 に、Veliko Selo 下水処理場への集水区域別流入水量を図 2.32 に示す。

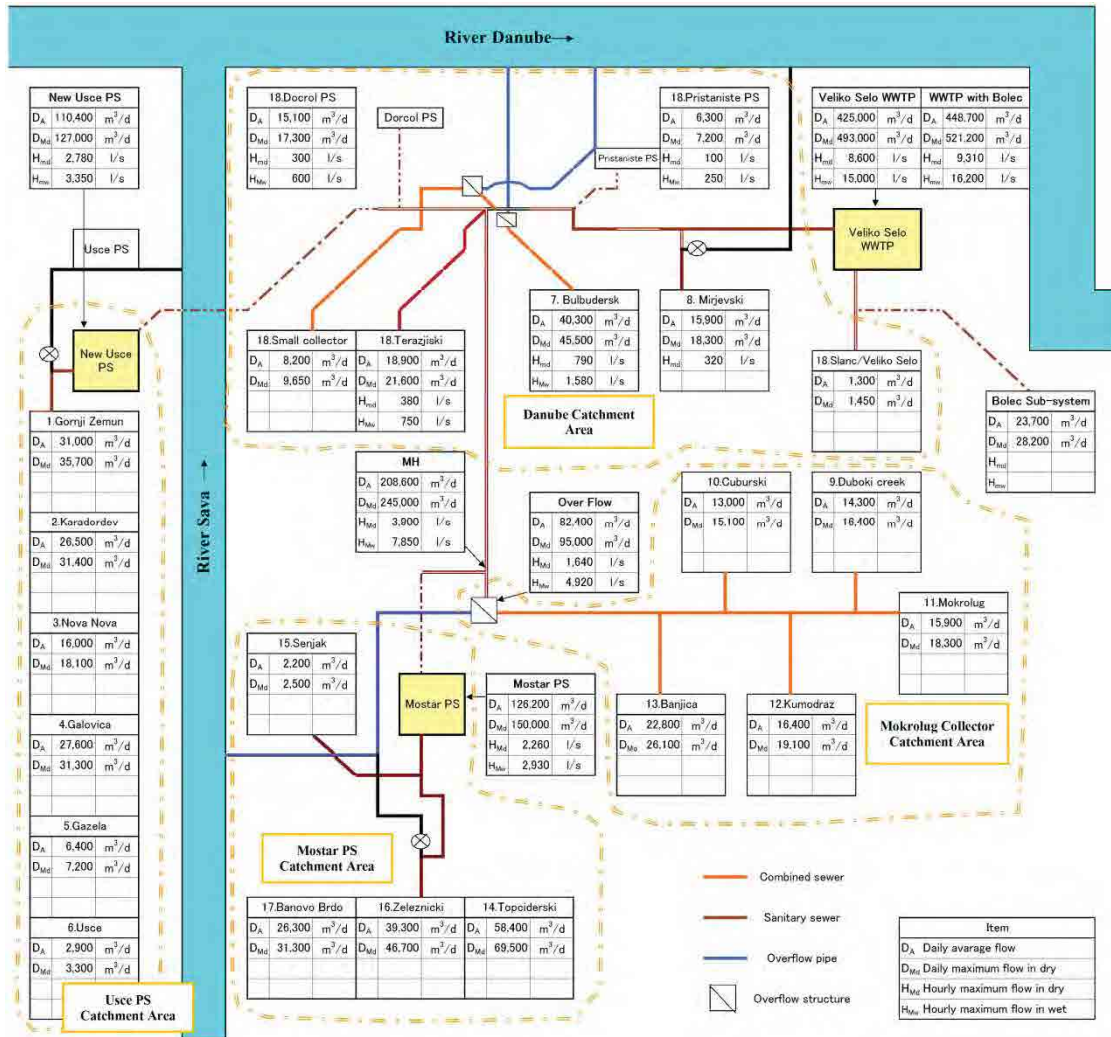


図 2.31 下水道整備完了後（2031年）の管路網の模式図

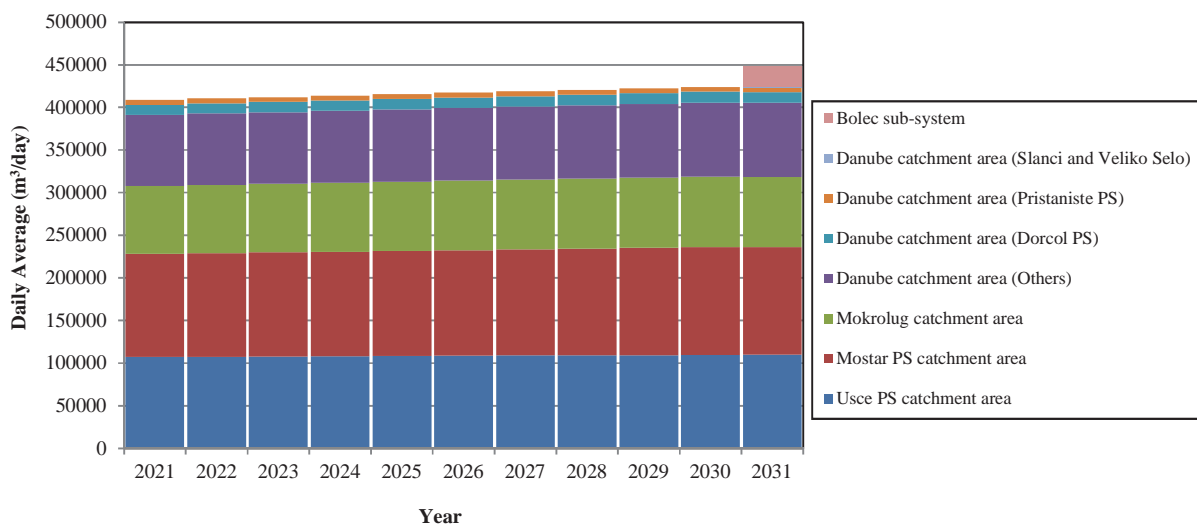


図 2.32 集水区域別流入水量

3. 本邦技術視察

3.1 背景・目的

施設検討における基礎の知見を共有するために「本邦技術視察プログラム」が実施された。視察の目的は、今後の事業実施に活かすためにベオグラード市関係者が本邦の優れた新技術の知見を深め、知識を習得することである。

3.2 視察者・視察日程

ベオグラード市関係者 5 名を本邦に招聘し、8 月 20 日～29 日の 10 日間で本邦技術視察プログラムを実施した。

(視察者名簿)

Mr. Željko Ožegović	Member of the City Council
Mr. Goran Trivan	Secretary of Secretariat for Environmental Protection
Mr. Borisav Milutinović	Assistant to General Manager for Technical Departments, Belgrade Land Development Public Agency
Ms. Aleksandra Nikolić	Deputy Director of Program and Land Development Preparation Department, Belgrade Land Development Public Agency
Mr. Vladimir Janković	Assistant to Managing Director for Sewerage System, Belgrade Waterworks and Sewerage

(視察日程)

日程	午 前	午 後
8/20 (月)	来日 (成田～東京)	オリエンテーション
8/21 (火)	東京都東部スラッジプラント	東京都北多摩二号水再生センター
8/22 (水)	横浜市南部汚泥資源化センター	横浜市福浦工場排水処理場
8/23 (木)	茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所	予備
8/24 (金)	講義 (日本下水道事業団)	技術紹介 (本邦企業 4 社)
8/25 (土)	移動 (東京～大阪)	
8/26 (日)	休 日	
8/27 (月)	大阪市中浜下水処理場	神戸市東灘処理場
8/28 (火)	滋賀県湖南中部浄化センター	移動 (大阪～東京)、検討会
8/29 (水)	帰国 (東京～成田)	

3.3 視察施設の概要

<視察日：8月21日>

(1) 東京都東部スラッジプラント (10:30-12:00)

(A) 汚泥燃料化 (炭化技術)

下水汚泥中の固形物の約8割は有機物であることから、エネルギー資源として有効活用が可能である。下水汚泥のエネルギー利用には、以下に挙げる優位性がある。

- 化石燃料への依存度の低減
- 安定供給可能なエネルギーの確保
- 低炭素社会の実現

製造された炭化汚泥は石炭の代替燃料として火力発電所での有効利用が可能である。

(2) 東京都北多摩二号水再生センター (14:00-16:00)

(A) 合流改善

合流式下水道では汚水と共に雨水も一緒に排除される。よって、雨天時に降雨が一定以上になると、無処理で雨水と共に汚水が公共水域へ流出する。高速ろ過は、無処理汚水の流出を防止し、公共水域の水質を維持するために過剰分の汚水を処理する。

(B) 高度処理方式 (嫌気無酸素好気法)

嫌気無酸素好気法 (A2O) は、栄養塩類の除去を目的とした高度処理方式である。A2O は生物学的窒素除去と生物学的リン除去を組み合わせた処理法である。窒素は硝化・脱窒のプロセスにより除去される。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により除去される。微生物は嫌気条件下でリンを放出し、その後の好気条件下で放出した以上のリンを摂取する。アンモニア性窒素は好気条件下で亜硝酸細菌 (主として、Nitrosomonas) 及び硝化細菌 (主として、Nitrospira) により硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に酸化される。硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は無酸素条件下で脱窒細菌 (主として、Pseudomonas、Micrococcus、Achromobacter 及び Bacillus など) による硝酸性呼吸及び亜硝酸性呼吸により窒素ガスに還元される。

<視察日：8月22日>

(1) 横浜市南部汚泥資源化センター（10:00-12:00）

(A) 下水汚泥の有効活用

消化ガスの有効利用	嫌気性消化から発生する消化ガスを使って電気を発電し、所内の電力の大部分を賄っている。また、エンジンから発生する廃熱も消化タンクの加温にも使用している。
灰の有効利用	焼却施設から発生する焼却灰の全量がセメント原料又は改良土として有効利用されている。セメント工場では焼却灰はセメント原料として利用される。また、焼却灰は発生土に混入して改良し、埋め戻材として利用される。

(B) 機械脱水

同センターでは3種類の機械脱水機が導入されている。それらの脱水機の比較が可能である。

- 遠心脱水機
- スクリュープレス脱水機
- ベルトプレス脱水機

スクリュープレス脱水機は、スクリュー、スクリーン、背圧装置、駆動装置、凝集装置及び現場制御盤で構成される。スクリュープレス脱水機は低速回転のスクリューにより凝集汚泥を搬送しながら濃縮、ろ過、圧搾することで省エネルギーかつ効率的に脱水することが可能である。スクリュープレス脱水機は従来の脱水機と比較して消費電力が小さい低動力型脱水機がある。



(2) 横浜市福浦工場排水処理場（14:00-16:00）

(A) 施設概要

福浦排水処理場は、都市工業開発による環境汚染を防止することを目的に建設された。同排水処理場は3種類の工業から発生する汚水を処理している。工業から発生する汚水は以下のカテゴリーに分類され、別々に処理される。

- 高濃度シアン系汚水（処理容量：3 m³/日）
- 低濃度シアン系汚水（処理容量：130 m³/日）

- クロム系汚水（処理容量：75 m³/日）
- 酸性系汚水（処理容量：1,245 m³/日）
- クロム系汚水（処理容量：75 m³/日）
- 印刷・染色系汚水（処理容量：4,000 m³/日）

(B) 処理方式

汚水	処理方式
シアン系	高濃度シアン系汚水の前処理には、電気分解プロセスが用いられる。電気分解プロセスによりシアン濃度を低下した後に、低濃度シアン系汚水と混合する。低濃度シアン系汚水の処理にはアルカリ塩素処理が用いられる。
クロム系	クロム系汚水の処理には、亜硫酸水素ナトリウムを使用した科学的還元プロセスが用いられる。水酸化クロムは不安定であることから2段階のpH調整が用いられる。
酸性系	酸性系汚水の処理には、水酸化物の形成のために凝集除去プロセスが用いられる。クロム系汚水と同様に2段階のpH調整が用いられる。更に、2価鉄から3価鉄への酸化も行われる。
印刷・染色系	有機物、COD、油脂及び色度を除去するために物理化学的な浮上分離プロセスが用いられる。

<視察日：8月23日>

(1) 茨城県霞ヶ浦流域下水道事務所（10:00-12:00）

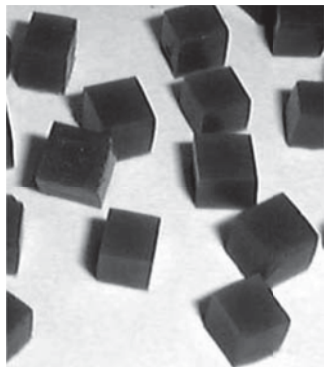
(A) 高度処理方式

同下水処理場では、栄養塩類の除去のために以下の4種類の高度処理方式が導入されている。

- 凝集剤添加活性汚泥法（CASP）
- 嫌気無酸素好気法（A2O）
- 担体添加活性汚泥法（CAASP）
- 凝集剤添加循環式硝化脱窒法（RNDP）

処理法	窒素除去	リン除去
凝集剤添加活性汚泥法（CASP）	-	物理化学的除去
嫌気無酸素好気法（A2O）	生物学除去	生物学除去
担体添加活性汚泥法（CAASP）	生物学除去	生物学除去
凝集剤添加循環式硝化脱窒法（RNDP）	生物学除去	物理化学的除去

(B) 高度処理方式の説明

処理法	説明	
凝集剤添加 活性汚泥法 (CASP)	嫌気無酸素好気法 (A2O) は、有機物除去と物理化学的リン除去を組み合わせた処理法である。リンは硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムなどの凝集剤を添加することで除去される。同処理法では脱窒が起きないため、窒素の除去は限定的である。	
嫌気無酸素 好気法 (A2O)	嫌気無酸素好気法 (A2O) は、生物学的窒素除去と生物学的リン除去を組み合わせた処理法である。窒素は硝化・脱窒のプロセスにより除去される。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により除去される。生物学的リン除去プロセスは、雨天時に嫌気状態を保つことが困難なことから不安定になることから、物理化学的リン除去プロセスを予備として設けるのが一般的である。	
担体添加活 性汚泥法 (CAASP)	担体添添加活性汚泥 (CAASP) は、微生物を固定化する担体を添加することで、反応タンク内の微生物濃度を高く保持することが可能である。微生物濃度を高くすることで水理的滞留時間を短縮することが可能である。CAASP は、一般的に比較的長い水理的滞留時間と固形物滞留時間を必要とする生物学的窒素除去プロセスに適用される。担体は反応タンクに留まることから担体に固定化された硝化細菌により安定的な硝化反応が達せられる。	
凝集剤添加 循環式硝化 脱窒法 (RNDP)	凝集剤添加循環式硝化脱窒法 (RNDP) は、生物学的窒素除去と物理化学的リン除去を組み合わせた処理法である。窒素は硝化・脱窒のプロセスにより除去される。リンは硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムなどの凝集剤を添加することで除去される。凝集剤添加を併用した循環式硝化脱窒法は、窒素・リンの同時除去の基本となる処理法である。	

<視察日：8月24日>

(1) 午前

時間：09:00-12:00

会場：株式会社東京設計事務所、本社会議室

時間	スケジュール
09:00-10:00	講義-1：本邦の下水道事業概要 講師：今島 祥治氏（日本下水道事業団）
10:00-11:00	講義-2：世界をリードする本邦下水処理技術（高度処理技術） 講師：橋本 敏一 博士（日本下水道事業団）

時間	スケジュール
11:00-12:00	講義-2：世界をリードする本邦汚泥処理/有効利用技術（エネルギー活用技術） 講師：山本 博英氏（日本下水道事業団）

(2) 午後

時間：13:00-17:30

会場：株式会社東京設計事務所、本社会議室

時間	スケジュール
13:00-13:15	開会の挨拶：亀田 宏氏（株式会社東京設計事務所、社長） セ国側の挨拶：Mr. Željko Ožegović（Member of the City Council） セ国側視察者の紹介
13:15-14:00	プレゼンテーション：Sewerage Development in Belgrade 発表者：Mr. Borisav Milutinović（LDA）
14:00-14:15	休憩
14:15-15:00	技術紹介-1：管更生技術 発表者：積水化学工業株式会社
15:00-15:45	技術紹介-2：水処理技術 発表者：株式会社日立プラントテクノロジー
15:45-16:00	休憩
16:00-16:45	技術紹介-3：脱水機・高速ろ過技術 発表者：株式会社石垣
16:45-17:30	技術紹介-4：汚泥燃料化技術 発表者：月島機械株式会社

(3) 懇親会

時間：18:00-20:00

会場：グランドフレッサ赤坂

開会の挨拶：肥沼 光彦 中東欧州課部長（JICA）

<視察日：8月27日>

(1) 大阪市中浜下水処理場（10:00-12:00）

(A) プロジェクト概要

エネルギー自給率の向上を目的に以下の3つの革新的な技術を導入して、省エネルギー及びエネルギーの有効活用を図る。

- 超高効率固液分離
- 高効率高温消化
- スマート発電

これらの技術は省エネルギー及びエネルギー活用により温室効果ガスの排出量及び維持管理費の削減に貢献する。

(B) 導入技術

技術	説明
超高効率固液分離	流入汚水は最初沈殿池の代わりにろ過処理される。ろ過は最初沈殿池より高効率な除去が可能であるため、反応タンクに流入する汚水は低負荷となる。以上から、反応タンクの曝気に必要なエネルギーが削減される。同時に生污泥の増加はエネルギー発生量の増加につながる。
高効率高温消化	担体充填型の高温消化は、滞留時間を5日程度に短縮することが可能である。担体充填型の高温消化は消化プロセスの促進・安定化し、バイオガスの発生量の増加に貢献する。
スマート発電	発電効率が非常に高いハイブリッド燃料型の燃料電池発電を導入する。プラント運転最適化制御と組み合わせることで使用電力の削減が図れるシステムである。下水処理場全体のエネルギーマネジメントを行うことができるため、高いエネルギー自給率が達成できる。

(2) 神戸市東灘処理場 (10:00-12:00)

(A) プロジェクト概要

バイオガス発生量を増加させ、同処理場を「地産地消型の再生可能エネルギー供給拠点」とすることを旨とする。同事業は以下の3段階で実施された。

- ステップ1：天然ガス自動車燃料
- ステップ2：都市ガス接続
- ステップ3：地域バイオマス受入

同プロジェクトでは、天然ガス自動車の燃料及び都市ガスに供給するため消化ガスの精製技術を導入する。同プロジェクトは精製ガスの供給により温室効果ガスの排出量及び維持管理費の削減に貢献する。

(B) 導入技術



<視察日：8月28日>

(1) 滋賀県湖南中部浄化センター（10:00-12:00）

(A) 高度処理方式（ステップ流入式多段硝化脱窒法）

凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法（SFNDP）は、物理化学的リン除去と生物学的窒素除去を組み合わせた処理法である。SFNDP は、窒素除去の効率化を目的に開発された技術である。各段に下水を均等流入させ、各段の反応タンクの固形物量を等しくすることで、固形物量に対する有機物負荷と窒素負荷を均一化して処理効率の向上を図る。

(B) 高度処理方式（オゾン・生物活性炭）

処理プロセス	説明
オゾン処理	同処理はオゾンの強力な酸化作用により有機物、化学物質の除去、脱色、脱臭及び消毒の効果がある。オゾンは無声放電により生成され、処理水に注入される。
生物活性炭処理	同処理は生物活性炭の吸着力及び活性炭内の微生物による分解により有機物の除去、脱色及び脱臭に効果がある。生物活性炭は炭化プロセスにより木材及び石炭から生成される。

4. インターセプターの施設計画

4.1 既存調査の設計、仕様等のレビュー

インターセプターの基本構想は1979年に”Institute Jaroslav Černi”によって策定された。その計画に基づき1982年～1986年に実施設計が行われている。インターセプターの敷設工事に着手したのは、ドナウ川を横断する鉄道敷設と交差するインターセプターNo.5とその下流であるインターセプターNo.7である。当初の予定ではインターセプターNo.5とインターセプターNo.6を建設しインターセプターNo.7に接続する予定であったが、財政不足によりインターセプターNo.5の建設後に工事が中断した。このため、インターセプターNo.7に接続するに至らず、その後も政情不安によりインターセプターNo.6の建設は見送られてきた。

2009年にインターセプターNo.9の詳細設計が見直され、インターセプターの建設が再開した。2011年にはインターセプターNo.9の建設工事が完了し、引き続きインターセプターNo.8まで工事を延伸し、2012年末にインターセプターNo.7に接続した。これと同時期にインターセプターNo.10の詳細設計も見直されたが、こちらは予算がつかず建設するまでに至らなかった。表4.1に現在までのインターセプターの整備状況を示す。なお、Pre-F/S with M/Pは、これらの既計画に基づき策定されている。

表 4.1 インターセプターの整備状況

インターセプター	場 所	整備状況
No.1	Sava river crossing	基本設計 (2008)
No.2	Ušće – T.Koscka	
No.3	T.Koscka – Vojvode Dobrnjca	詳細設計 (1982)
No.4	Vojvode Dobrnjca – Pancvo bridge	
No.5	Tunnel Karaburma	建設済み
No.6	Tunnel Karaburma	詳細設計 (1982)
No.7	Vojvode Micka – Minel	建設済み
No.8	Minel – Rospri Cuprija (tunnel)	建設済み
No.9	Tunnel Visnjica	建設済み
No.10	Hitna pomoc – Venizelosova	詳細設計 (2009)

インターセプターの施設やルートについては、上記した設計図書を基にセルビア政府からの認可を受けて（一部手続き中のものも含まれる）、都市計画図に記載されている。以下に各インターセプターに関わる官報のリストを示す。

インターセプター（Ušće ポンプ場から Veliko Selo WWTP まで）

- 1) Section within General Regulation Plan for construction area of local government unit – City of Belgrade – areas VII, IX and X – off-print I-9 (under preparation)

- 2) Detailed Urban Plan of Kalemegdan, (Official Gazette of the City of Belgrade, No. 6/69)
- 3) Section within Detail Regulation Plan for construction area of local government unit – City of Belgrade – areas I and II– off-print I-2 (under preparation)
- 4) Detail Regulation Plan of a part of the central zone – spatial areas of 11 blocks between streets: Francuska, Djure Djakovica, Knezopolska and the boundary of a part of the port economic area –Municipality of Stari Grad, Official Gazette of the City of Belgrade No. 12/04
- 5) Detail Regulation Plan of a part of the central zone of the blocks between streets Venizelosova (Djure Djakovica), Knez Miletina i Djordja Jovanovica – Municipality of Stari Grad, Official Gazette of the City of Belgrade No. 18/06
- 6) Detail Regulation Plan for construction of “Pristaniste“ sewerage pumping station, Official Gazette of the City of Belgrade No. 23/04
- 7) Detail Regulation Plan for the area between streets: Bulevar Despota Stefana (29. Novembra), Mitropolita Petra, Dragoslava Srejovića (Partizanski put) and Mije Kovacevica, with "Pančevački most" interchange, Official Gazette of the City of Belgrade No. 34/09
- 8) General Regulation Plan for the area between streets: Džordža Vasiingtona, Bulevar Despota Stefana, Vojvode Dobrnjca, Venizelosova i Knez Miletine, in the Municipality of Stari Grad, Official Gazette of the City of Belgrade No. 58/09
- 9) Detailed Urban Plan for construction of the main heating pipeline from “DUNAV” heating plant to “Terazije” plateau, Official Gazette of the City of Belgrade No. 10/87.
- 10) Section within General Regulation Plan for construction area of local government unit – City of Belgrade – areas III and IV– off-print I-2
- 11) Detail Regulation Plan for the area between streets: Bulevar Despota Stefana (29. Novembra), Mitropolita Petra, Dragoslava Srejovića (Partizanski put) i Mije Kovacevica, with "Pančevački most" interchange, Official Gazette of the City of Belgrade No. 34/09.
- 12) Detailed Urban Plan for Visnjicka Street from Mije Kovačević Street to Slanački put, Official Gazette of the City of Belgrade No. 25/83.
- 13) Detailed Urban Plan of Visnjica settlement, Official Gazette of the City of Belgrade No. 11/78.
- 14) Amendment to Detailed Urban Plan of Visnjica settlement, Official Gazette of the City of Belgrade No. 10/86.

Mostar ポンプ場から Hitna Pomoć-Djure Djakovića(Interceptor No.10 の終点)まで

- 1) General Regulation Plan for construction area of local government unit – City of Belgrade – areas I and II – off-print I-8 (申請準備中)
- 2) Detailed Urban Plan for reconstruction and construction of the complex between the Highway, Kneza Milosa Street, Durmitorska Street, and Clinical Center of the Medical Faculty, Official Gazette of the City of Belgrade No. 18/78.
- 3) Detailed Urban Plan of the Clinical Institutional Centre of the Medical Faculty, Official Gazette of the City of Belgrade No. 2/75

- 4) Detailed Urban Plan for reconstruction of four blocks between streets: Dzordza Vasingtona, Drinciceva, 29. Novembra, Vojvode Dobrnjca i Takovska, Official Gazette of the City of Belgrade No. 9/91
- 5) Detailed Urban Plan for reconstruction of blocks between streets: Francuska, Djure Djakovica, Knezoaljaska and the boundary line of the complex of a part of port economic area, Official Gazette of the City of Belgrade No.18/88.

既計画で提案されているインターセプターの整備方針と本調査での整備方針案を表 4.2 に、整備位置図を図 4.1 に示す。表 4.3 にインターセプターの流量計算結果を示すように、既計画は妥当なものと考えられるが、インターセプター No.1 については第 2 章 2.4.2 の整備計画で示したように、既計画は施工・維持管理におけるリスクが高いものとなっているため本章にて代替案の検討を行う。その他のインターセプター及びコレクターについては原則として既計画を踏襲するが、本章後段の施設計画にて施工方法や管径等の変更を提案する。

表 4.2 インターセプターの整備方針

インターセプター	既計画での整備方針	本調査での対応方針
No.1	New Ušće ポンプ場からの円形 1500mm の圧送管。 誘導式水平ボーリング工法を採用する方針。	代替案を提案する。
No.2	円形 1400mm の New Ušće ポンプ場からの圧送管。 地下埋設物や遺跡を確認しながら敷設するため、開削工事にて敷設する方針。	原則として既計画を踏襲する。
No.3	卵形 200/170cm の自然流下管。 圧送管の着水地点から、Terazijski tunnel とインターセプターNo.10 との合流点まで。土被りが比較的浅く、地下埋設物を確認しながら敷設するため、開削工事にて敷設する方針。	原則として既計画を踏襲する。
No.4	馬蹄形 380/380cm の自然流下管。 インターセプターNo.10 との合流点から、既存インターセプターNo.5 の起点まで。 土被りが比較的浅く、地下埋設物を避けながら施工する必要があるため、開削工事にて敷設する方針。	原則として既計画を踏襲する。
No.6	円形 4000mm の自然流下管。 既存インターセプターNo.5 の終点から、既存インターセプター No.7 の起点まで。 掘削が非常に深いためシールド工法に敷設する方針。	原則として既計画を踏襲する。
No.10	円形 2800mm の自然流下管。 Mokrolug Collector 及び MostarPS 集水区域の汚水を受けてから、インターセプター No.4 の合流点まで。 掘削が深いため大部分がシールド工法、一部インターセプターNo.4 との合流点付近は掘削が浅いので開削工法により敷設するする方針。	原則として既計画を踏襲する。
MostarPS からの接続管	円形 1600mm の自然流下管。 Mostar ポンプ場からの汚水を Interceptor No.10 に接続するためのコレクター	原則として既計画を踏襲する。

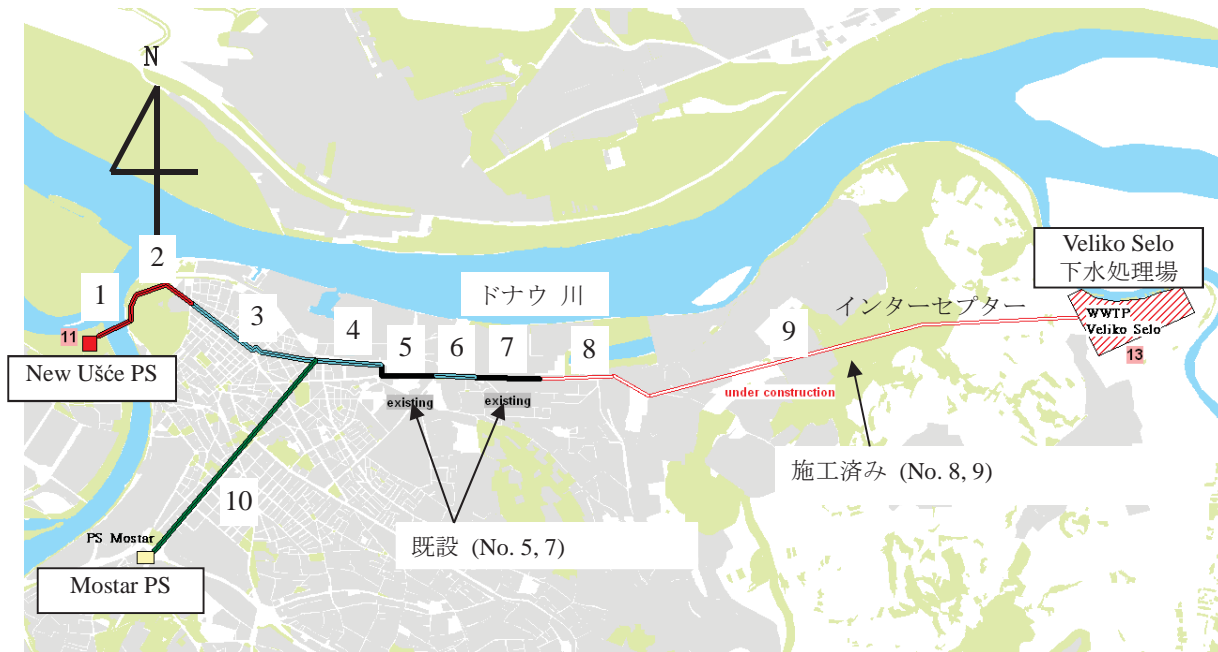


図 4.1 インターセプターの整備位置図

インターセプターの仕様及び流量計算結果を表 4.3 に示す。流速は概ね 1.5m/s から 1.9m/s となるため、計画流量に適した管径が選択されている。

表 4.3 インターセプターの流量計算結果

インターセプター	仕様	計画流量	雨天時 時間最大 水量	実流速	備考
No.1	φ 1500mm (圧送管)	-	3.35m ³ /s	-	New Ušće PS(3.35m ³ /s)
No.2	φ 1400mm (圧送管)	-	3.35m ³ /s	-	
No.3	卵形 200/170cm 1‰ (自然流下管)	4.81 m ³ /s	3.35m ³ /s	1.52m/s	Dorcol PS(0.6m ³ /s)
No.4	馬蹄形 380/380cm 0.5‰ (自然流下管)	18.9 m ³ /s	14.10 m ³ /s	1.82 m/s	Terazie(0.38m ³ /s), インターセプター No.10(7.85m ³ /s), Small collector(0.34m ³ /s) Bulbuderski(1.58m ³ /s).
No.5 (既設)	φ 3800mm 0.5‰ (自然流下管)	21.6 m ³ /s	14.35 m ³ /s	1.84 m/s	Pristance PS(0.25m ³ /s)
No.6	φ 4000mm 0.5‰ (自然流下管)	21.6 m ³ /s	14.35 m ³ /s	1.84 m/s	
No.7 (既設)	φ 4000mm 0.5‰ (自然流下管)	21.6 m ³ /s	14.35 m ³ /s	1.84 m/s	

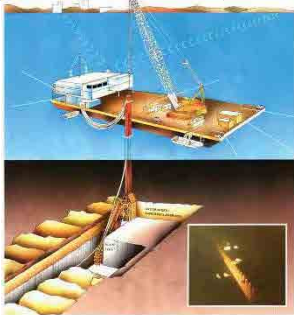
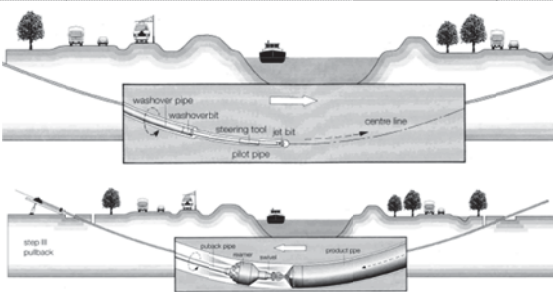
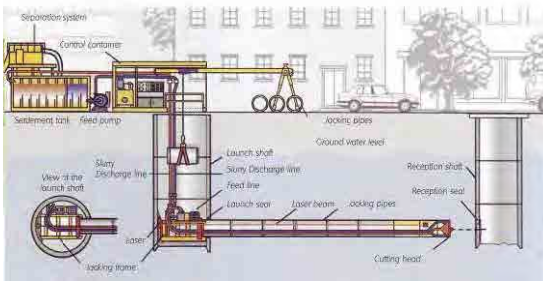

インターセプター	仕様	計画流量	雨天時 時間最大 水量	実流速	備考
No.8 (既設)	φ 4000mm 0.5‰ (自然流下管)	21.6 m ³ /s	14.67 m ³ /s	1.85 m/s	Mirjevski(0.32m ³ /s)
No.9 (既設)	φ 4000mm 0.5‰ (自然流下管)	21.6 m ³ /s	14.67 m ³ /s	1.85 m/s	Veliko Selo 下水処理場へ
No.10	φ 2800mm 0.8‰ (自然流下管)	10.6 m ³ /s	7.85 m ³ /s	1.88 m/s	Mostar PS(2.93m ³ /s) Mokrolug(4.92m ³ /s)

4.2 インターセプターNo.1の代替案の検討

最適案の検討が必要であると判断したインターセプターNo.1 (L=425m) について、以下に検討を行う。なお、インターセプターNo.2もNew Ušće PSからの圧送管の一部であるので検討の際には同時に考慮している。

インターセプターNo.1は、基本設計が2008年に策定され、その中で、φ1000mmの2条管、およびφ1500mmの1条管が比較検討されている。施工方法としては、表4.4に示すように工法が提案され、結果としてφ1500mmの1条管を円弧状のシールド工事で施工することが選定された。

表 4.4 基本設計で提案された施工工法

<p style="text-align: center;">開削工法</p> 	<p style="text-align: center;">誘導式水平ドリル工法</p> 
<p style="text-align: center;">シールド工法 (直線)</p> 	<p style="text-align: center;">シールド工法 (円弧)</p> 

出典：基本設計報告書 2008年

しかしながら、円弧状のシールド工法は、図 4.2 に示すように路線延長約 425m のなかで 4 回の方向修正が必要になり、土質も様々であるため施工監理は非常に難しい。このような条件下で円弧状にシールド工事を行う場合は、立孔を深くし直線施工した場合と比較して、経済的な優位性はそれほど大きくないと考えられる。また、円弧状に施工した場合、円弧状の部分の排泥ができない等、維持管理上さまざまな問題が生じることが想定されるため、妥当性の検討を行う。

一方で、インターセプター No.2 は敷設ルートが遺跡保護区域に該当し、 $\phi 1400\text{mm}$ の 1 条管以外に認められないため既計画を踏襲する。

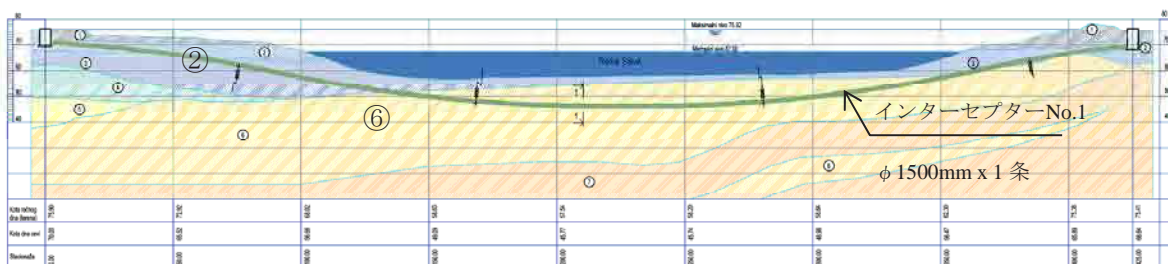


図 4.2 河川横断面

4.2.1 前提条件

(1) 計画水量

分流式区域のポンプ場の設計には、原則として晴天時時間最大汚水量が用いられるが、第 2 章の既存計画のレビューに示したように、サンプリング調査結果から、多量の浸入水が観測されているため、Pre-F/S with M/P では、雨天時時間最大汚水量用いられている。このため、本調査についても、表 4.5 に示すように、雨天時時間最大水量にて検討を行った。

表 4.5 計画水量

	2021 年	2031 年
日平均水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	107,000	110,000
日最大水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	123,000	127,000
日最大水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	160,000	165,000
雨天時時間最大水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	280,000	289,000
(l/s)	3,240	3,350

(2) 最小流速を確保するための圧送管の最適管径の検討

ドイツ・日本及びセルビアの設計指針値を表 4.6 に示す。最小流速が最も緩やかなのは、ドイツの指針では 0.5m/s となっている。日本の指針では、最小流速は 0.6m/s とし、大口径の場合はこれよりも速い流速を確保することを推奨している。また、セルビアの指針では、最小流速を 0.7m/s としているが、24 時間のうちに 1 度でもこの流速が確保できれば良いとしている。このため、少なくとも夜間の最小流速が 0.5m/s 以上あれば、時間最大水量時に 0.7m/s 以上が確保できると考えられる。

表 4.6 設計指針値

	最小流速		
	日本	ドイツ (ATV-134)	セルビア
流速 (m/s)	0.6	0.5	0.7

一方で、『圧送管における土砂の堆積防止に必要な最小流速について（吉本国春ら；下水道協会論文集 1997 年）』にて、理論的に堆積防止に必要な最小流速が報告されており、各管径ごとの最小流速は表 4.7 となる。

表 4.7 勾配別の最小流速（粒径 1mm；比重 2.65）

単位：m/s

勾配(°) 管径(mm)	-45	-20	0	20	45
400	0.00	0.29	0.39	0.44	0.47
800	0.00	0.31	0.41	0.47	0.50
1000	0.00	0.32	0.42	0.48	0.51
1500	0.00	0.33	0.43	0.49	0.52

土砂の粒径が 1mm 程度の場合、45 度の登り勾配で概ね 0.5m/s 以上の流速があれば掃流効果が得られる結果を示している。以上より、ドイツ基準及び上記した理論的に必要な圧送管の最低流速から、本検討の最低流速を 0.5m/s とする。

(3) 最適な管径の選定

上記の検討結果から、圧送管径別の流速を算定し表 4.8 に示す。なお、圧送管の延長は、インターセプター No.1 とインターセプター No.2 を合わせた約 1,380m としている。

表 4.8 管径別管内流速

管径	雨天時時間最大 (4 台運転時)	日平均～日最大 (3 台運転時)	夜間 (1 台運転時)
		3,340 l/s	2,490l/s
DN900x2	2.63 m/s	1.96 m/s	0.65 m/s
DN1000x2	2.13 m/s	1.59 m/s	0.53 m/s
DN1200	2.95 m/s	2.12 m/s	0.71 m/s
DN1400	2.17 m/s	1.56 m/s	0.54 m/s
DN1500	1.89 m/s	1.41 m/s	0.47 m/s

注記：ポンプ容量は 830 l/s (4 台運転、1 台予備)、また BVK の基準により雨天時時間最大時に 1 台の予備を確保。流速の計算にはヘーゼン・ウィリアムズ式を用いた。

以上の結果から、2 条案の場合は、φ 1000mm を推奨、1 条案の場合は、φ 1400mm を推奨する。

4.2.2 代替案の検討

圧送管（インターセプター No.1 及び No.2）の位置図を図 4.3 に示す。

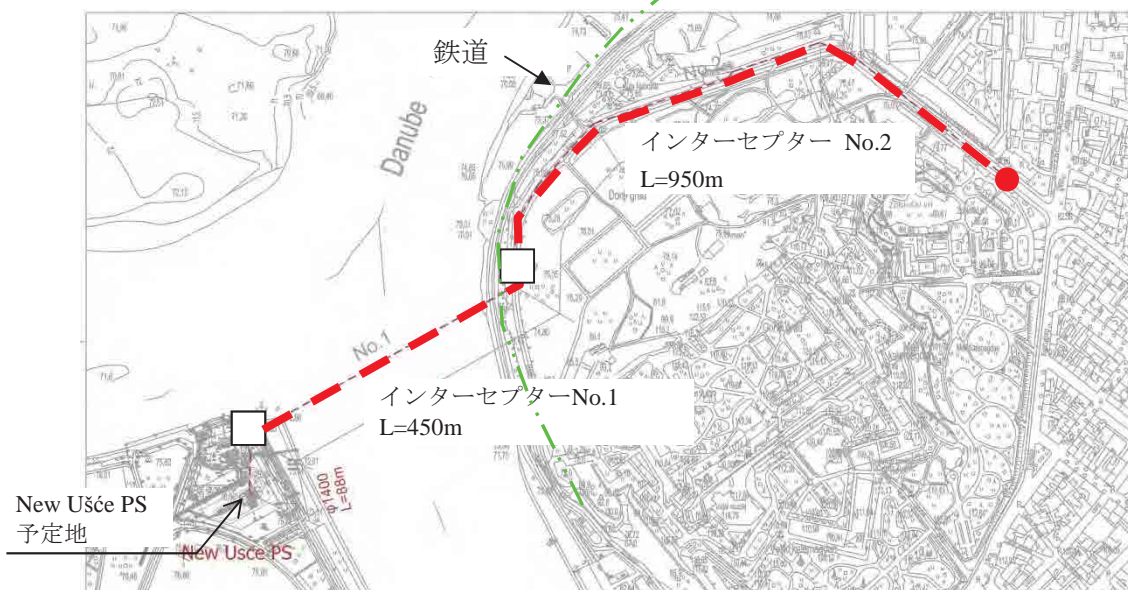


図 4.3 圧送管の位置図

(1) 代替案の設定

既計画にて検討された代替案を含む 6 案を技術的及び経済的な観点から代替案として設定した。

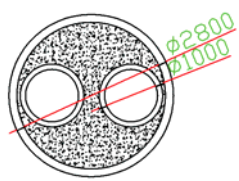
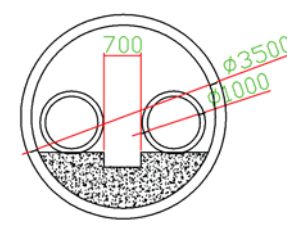
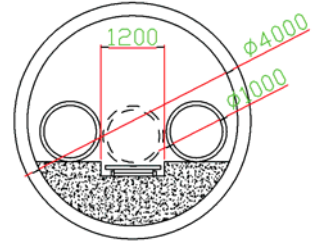
表 4.9 に代替案の一覧表を示す。なお、既計画の推奨案がφ1500mm x 1条管であり、この案との比較検討を行うため、前項で提案したφ1400mmではなくφ1500mmを用いた。また、インターセプター No.2については、φ1400mm x 1条としている。

表 4.9 代替案

項目	Case-1 (φ1500mm x 1条)		Case-2 (φ1000mm x 2条 (常時2条使用))			
	Case-1-1	Case-1-2 (既計画案)	Case-2-1	Case-2-2	Case-2-3	Case-2-4
概要	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリート管 1条 ● 推進工法 ● 直線施工 	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリート管 1条 ● 推進工法 ● 円弧状施工 	<ul style="list-style-type: none"> ● HDPE 管 2条 ● 推進工法 ● 円弧施工 	<ul style="list-style-type: none"> ● ケーシング管内に HDPE 管を 2条 ● ケーシング内モルタル詰 ● シールド工法 ● 直線施工 	<ul style="list-style-type: none"> ● 管廊内(φ3500)に HDPE 管を 2条 ● シールド工法 ● 直線施工 	<ul style="list-style-type: none"> ● 管廊内(φ4000)に HDPE 管を 2条 ● シールド工法 ● 直線施工

鞘管及び管廊を用いる Case 2-2、Case 2-3 及び Case 2-4 ついて表 4.10 に概要を示す。

表 4.10 ケーシング及び管廊の概要

項目	Case-2-2	Case-2-3	Case-2-4
	φ2800mm	φ3500mm	φ4000mm
概要	1 条のケーシング管をシールド工法にて敷設し、管内に 2 条の圧送管を設置、その後、デッドスペースにモルタル詰めを行う。	1 条の管廊をシールド工事にて敷設し、管内に 2 条の圧送間を設置する。 なお、管廊内は人が歩けるスペースのみで、圧送管の取り替えはできない。	1 条の管廊をシールド工事にて敷設し、管内に 2 条の圧送間を設置する。 なお、管廊内は圧送管の取り替えができるためのスペースを確保する。
形状			

(2) 圧送管の維持管理性の検討

河川横断部の圧送管の維持管理性について、診断、清掃、補修の観点から評価を行った。表 4.11 に結果を示す。

<診断：目視及びTVカメラ>

Case-1 の全てのシナリオは、診断を行うにはポンプ場を停止し圧送管内の汚水を排水しなければならないことから不可能である。ポンプ場への流入管は管内貯留が見込めるほど断面は大きくなく、診断のためにポンプ場の付近に汚水を貯留するための滞水池を設置する事も現実的でない。Case-2 のシナリオは、Case-2-2～2-3 は圧送管が 2 条あるため、片側の圧送管を用いて汚水を下流部に圧送しながら、片側の管きよを診断することが可能である。Case-2-1 については、円弧状の形状であるため、圧送管内の汚水を抜くことができない。

<清掃：人による清掃、フラッシング及びピグ洗浄>

Case-1 の全てのシナリオは、清掃を行うためにはポンプ場を停止しなければならない。また、人による清掃、フラッシング及びピグ洗浄のどれを行うにしても、清掃には長時間必要となるため、その間は汚水を河川に直接排水しなければならず現実的ではない。診断時と同様に、ポンプ場への流入管は管内貯留が見込めるほど断面は大きくなく、清掃のためにポンプ場の付近に汚水を貯留するための滞水池を設置する事も現実的でない。Case-2 のシナリオについては、圧送管が 2 条あるため、片側の圧送管を用いて汚水を下流部に圧送しながら、片側の管きよを清掃することが可能である。但し、Case-2-1 については、円弧形状であるため、ピグ洗浄のみ可能である。

<管改修：管更生、管取替>

Case-1 の全てのシナリオは、補修が必要となった場合、ポンプ場を停止しなければならず、汚水を河川に直接排水することになり現実的ではない。Case-2-1 は円弧形状であるため、汚水が排水できず補修は不可能である。Case-2-2 及び Case-2-3 については、軽微なクラック等であれば対症的な対応は可能であるが、重度の破損となった場合は管きよの取り替えができないため補修は不可能である。近年は管更生工法が使われることがあるが、延長の長い河川横断部の管更生は費用が高く、また樹脂管内を樹脂で更生により断面が小さくなるため流速が速くなり、ポンプ揚程を見直さなければならないため現実でない。Case-2-4 はいかなる破損の場合でも、破損した管自体を取り替えることができるため、管改修は可能である。

表 4.11 河川横断部の圧送管の維持管理性

	Case-1-1 D1500 (Straight)	Case-1-2 D1500 (Arc)	Case-2-1 D1000x2 (HDD)	Case-2-2 D1000x2 (D2800)	Case-2-3 D1000x2 (D3500)	Case-2-4 D1000x2 (D4000)
診断	不可	不可	不可	可	可	可
清掃	不可	不可	可	可	可	可
補修	不可	不可	不可	不可	不可	可

インターセプター No.2 について、圧送管が2条の場合、片側の圧送管を用いて汚水を下流側に圧送しながら維持管理を行うことができるが、先に述べたように遺跡保護区域のため1管による敷設しか認められていない。インターセプターNo.2 は道路下の敷設であるが、常時1条を用いて圧送していることと、圧送管内は常に汚水が満水状態であるため維持管理を行うことは不可能である。図 4.4 に Case-2-2、Case-2-3、Case-2-4 の場合の、通常運転時と維持管理時の模式図を示す。

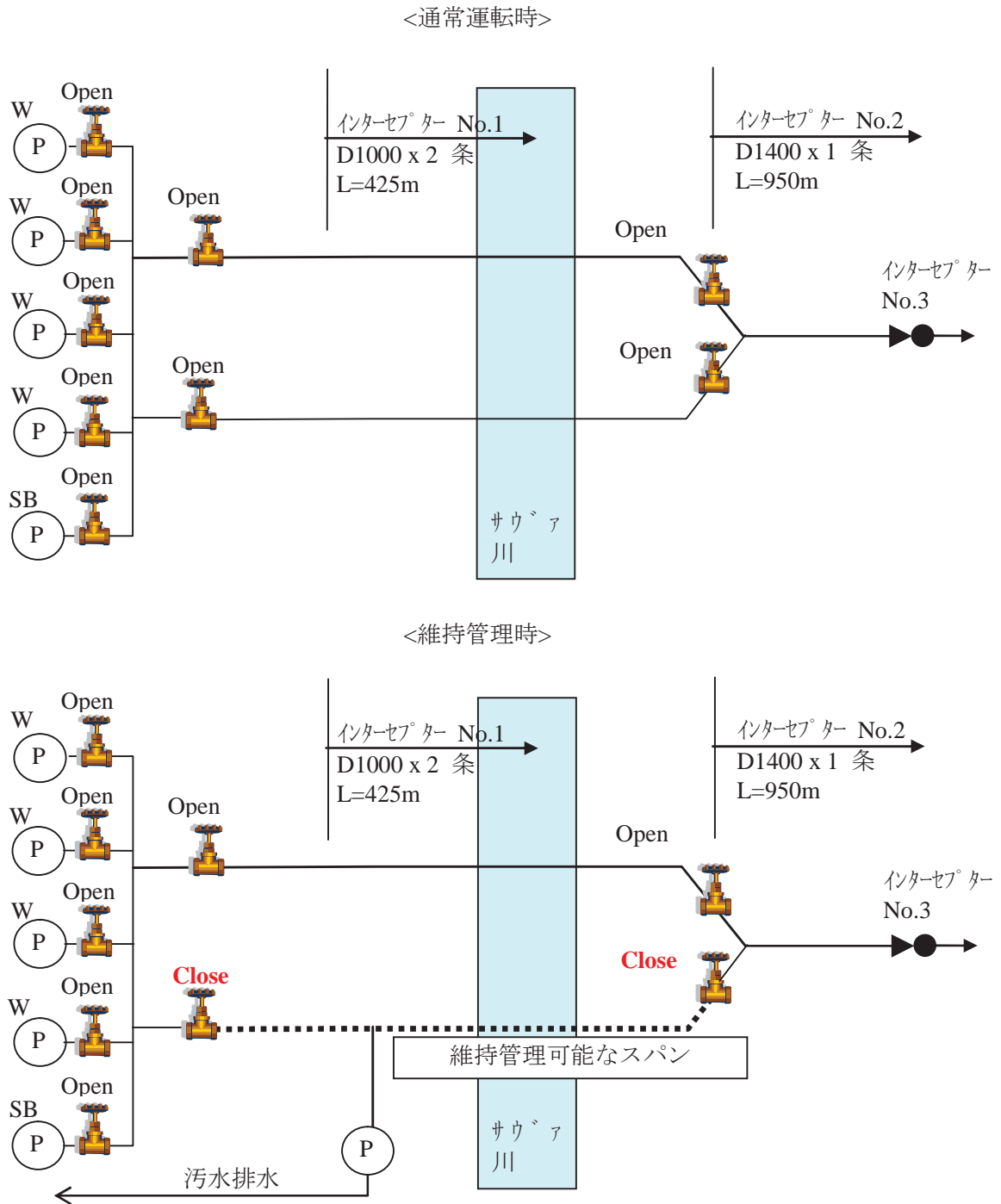
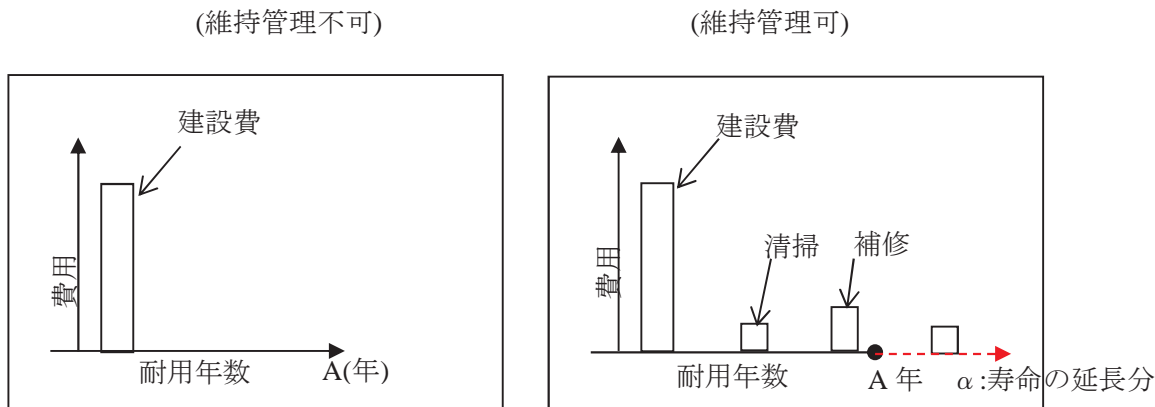


図 4.4 通常運転時と維持管理時 (Case-2-2、Case-2-3、Case-2-4)

(3) 耐用年数の設定

下水道施設は維持管理することにより寿命を延ばす事が可能である。例えば、管きよは定期的に清掃を行うことで管の補修頻度を下げることにより、管きよの使用年数は、管補修（長寿命化）を行うことで延ばすことが可能となる。



ドイツ及びヨーロッパ諸国で一般的に用いられている耐用年数を表 4.12 に示す。

表 4.12 構造物及び污水管きよの耐用年数

項目	耐用年数
コンクリート構造物	80 - 100 年
コンクリート管	50 - 80 年
鋼管	35 - 50 年
高密度ポリエチレン管 (HDPE)	80 - 100 年
ダクタイル鋳鉄管	40 - 50 年

管材の異なる管きよの年平均費用を算出するため、本プロジェクトで用いる耐用年数を表 4.13 に定めた。なお、上記したように維持管理の可否における耐用年数の差については、表 4.12 に示す耐用年数の範囲の上下限値を用いた。

表 4.13 耐用年数

項目	耐用年数	適用
コンクリート構造物	100 年	シャフト・マンホール・管廊
コンクリート管	—	80 年
	Case-1 の全てのケース	50 年
鋼管	40 年	鋼管保護が必要な場合
HDPE 管	Case -2-4	100 年
	Case-1 の全てのケース、及び Case2-1~2-3、インターセプターNo.2	80 年

4.2.3 代替案の評価方法

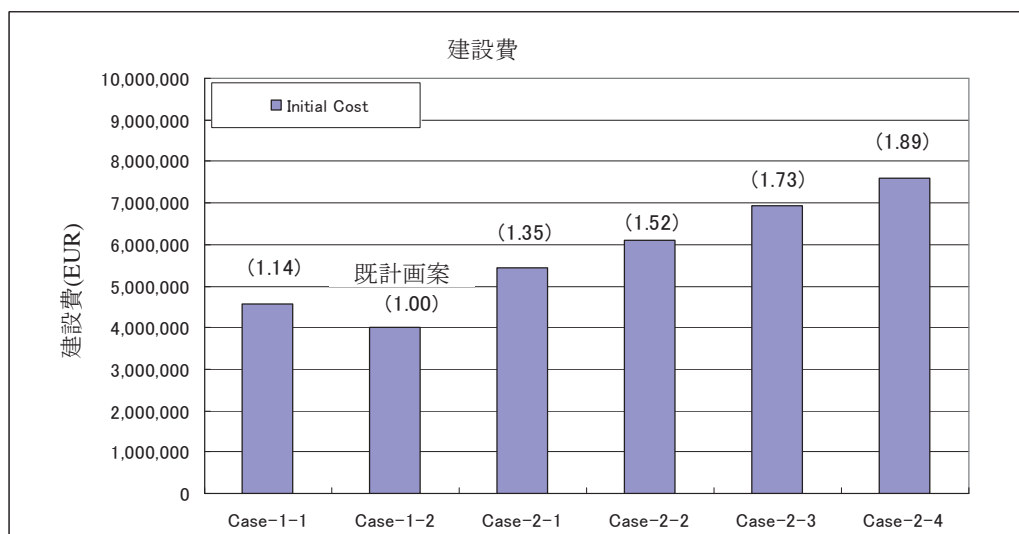
代替案の評価方法として、建設費、維持管理費を含む年平均費用、リスク管理、および環境社会配慮の観点から評価を行った。

- 建設費： 圧送管の建設費、及び関連する立孔等の付帯工事費を含む。
- 年平均費用： 1サイクルを耐用年数の期間とし、年平均費用に維持管理費を加えた。
- リスク管理： 通常運転時、将来の水量変化、および建設時の施工方法についてのリスクについて評価した。
- 環境社会配慮： 建設時の影響、また運転時のアクシデントについての影響を評価した。

4.2.4 検討結果

(1) 建設費

図 4.5 に建設費の算定結果を示す。Case-1 は既存計画にて推奨している Case-1-2 が最も安価となり、最も高価である Case-2-4 は Case-1-2 の約 2 倍弱となる。m 当り単価は、Case-1-1 から Case-2-4 の順に、3,300 EUR/m、2,900 EUR/m、4,000 EUR/m、4,400 EUR/m、5,000 EUR/m、5,500 EUR/m となっている。



注記：本建設費は比較検討用の概算費用であり、積算については別途計算した。

図 4.5 建設費

(2) 年平均費用

図 4.6 に建設費及び維持管理費から、年平均費用を算出した結果を示す。Case-2 は Case-1 のシナリオと比較して圧送管に耐用年数の長い HDPE 管を用いることができるため、Case-2 の年平均費用は Case-1 と比べて有利となり、結果として Case-2-1 が最も安価となっている。

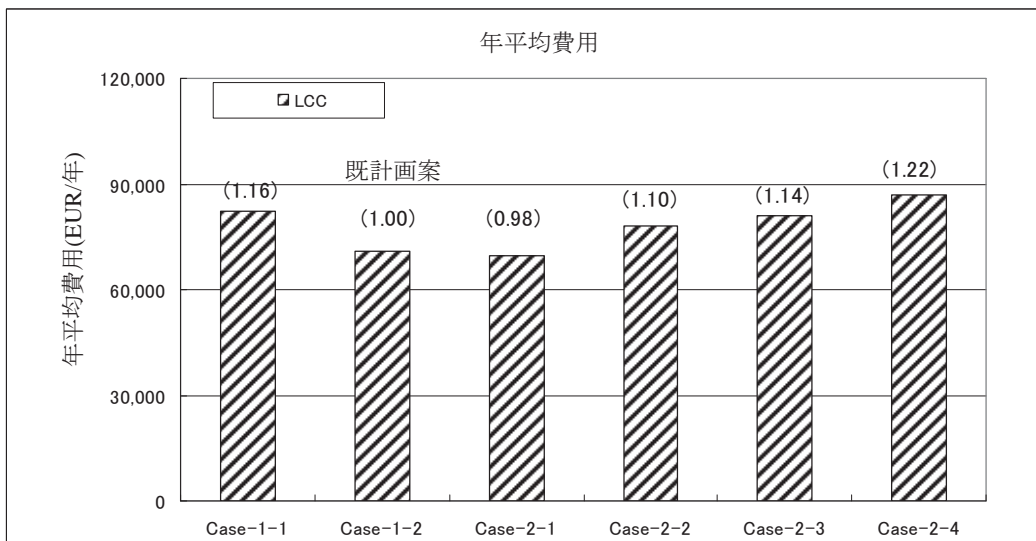


図 4.6 年平均費用

(3) リスク管理

圧送管に関わるリスクについて、以下のものが考えられる。

- アクシデント（通常運転時）： 圧送管の不慮の事故による破損、または河川を下越しすることから、河川の洗掘や浚渫等により破損するリスクが挙げられる。
- 計画水量の変動（将来）： 管きよの耐用年数は 50 年以上と長いため、将来の汚水量の変動によるリスクが挙げられる。
- 施工方法（建設時）： サヴァ川の横断は、本プロジェクトの中でも重要で、かつ施工の難しいパートの 1 つであるため、適用する管きよの施工方法へのリスクが挙げられる。

リスクに関する評価の結果を表 4.14 に示す。

表 4.14 リスクの評価

	Case-1-1	Case-1-2	Case-2-1	Case-2-2	Case-2-3	Case-2-4
a) アクシデント	C	C	C	A	A	A
b) 計画水量の変動	C	C	B	B	B	A
c) 施工方法	A	C	C	A	A	A

注記：A(優れる) ~ C(劣る)

圧送管へのアクシデントについて、Case-2-2～Case-2-4 はケーシング管及び管廊が保護するため外部からの影響は受けにくい。また、片側の管が破損しても、もう片側の管を用いて日最大水量程度の汚水を圧送する事が可能である。計画水量の変動について、Case-2-4 については圧送管径を最適なものに取り替える事が可能である。Case-2-1～Case-2-3 については、2条あるので計画水量が減少した場合にのみ、1条にて圧送する等の調整が可能である。施工方法について、Case-1-2 は円弧状の推進であることから、延長 400m 程度で少なくとも 4 回の軌道修正が求められる。このため施工性は直線状の推進施工よりも劣る。Case-2-1 については、φ1000mm 程度の中口径による HDD の施工実績が少なく、本工法が適用できたとしても施工管理は困難になると考えられる。

(4) 環境配慮

圧送管の施工場所は環境保護区に該当している。現在は下水処理場が建設できていないため、環境保護区であっても汚水を河川に直接放流しているが、現在の水法によれば、下水道事業者（BVK）は、2030 年以降、無処理汚水を公共用水域に放流することができず、放流した場合は罰則を受けることになる。すなわち、下水処理場が供用開始し、水法が施行された場合、事業者はいかなる状況下においても無処理汚水を公共用水域に放流しないように管理しなければならない。よって環境配慮の観点から、管きよが破損した場合、及び維持管理中について、無処理汚水が環境中に流出し河川や土壌を汚染する可能性についての評価を行った。環境配慮の結果を表 4.15 に示す。

表 4.15 環境配慮の評価

項目	Case-1-1	Case-1-2	Case-2-1	Case-2-2	Case-2-3	Case-2-4
a) 管きよ破損時	C	C	C	A	A	A
b) 維持管理時	C	C	A	A	A	A

注記：A(優れる) ～ C(劣る)

Case-1 の全てのシナリオについて、管きよが 1 条であるため維持管理をするためには汚水を河川に放流しなければならない。また圧送管は保護されていないため管きよが破損した場合、汚水は河川に流出し河川及び土壌を汚染する事になる。Case-2-1 については、維持管理時は 1 条の管きよを用いて汚水を下流部に送水することが可能である。また、片側の管きよが破損した場合は、もう片側の管きよを用いて汚水を送水することはできるが、管きよは保護されていないため、破損時に汚水が河川に流出し河川や土壌を汚染することになる。Case-2-2～Case-2-4 については、ケーシング管および管廊によって保護されているため汚水が河川に直接流出することはない。また、維持管理面も管きよが 2 条あるため問題はない。なお、施工方法や施工規模による環境影響については、各代替案による明確な差は生じないと考えられる。

4.3 代替案の選定

以上の検討結果から表 4.16 に示すように、Case-2-2 が最も安価でリスクや環境配慮も優れる結果となったが、ベオグラード市側との協議により、管廊を設けることでより圧送管が維持管理しやすいとの判断から Case2-3 を最適案として採用した。

表 4.16 最適案の選定

項目	Case-1-1 D1500 (直線)	Case-1-2 D1500 (円弧)	Case-2-1 D1000x2 (HDD)	Case-2-2 D1000x2 (D2800)	Case-2-3 D1000x2 (D3500)	Case-2-4 D1000x2 (D4000)	
施工方法	推進工法	推進工法	誘導式水 平ドリル	シールド 工法	シールド 工法	シールド 工法	
建設費	1.14	1.00	1.35	1.52	1.73	1.89	
年平均費用 (LCC)	1.16	1.00	0.98	1.10	1.14	1.25	
リスク 管理	a) アクシデント	C	C	C	A	A	A
	b) 計画水量の変動	C	C	B	B	B	A
	c) 施工方法	A	C	C	A	A	A
環境 配慮	a) 管きよ破損時	C	C	C	A	A	A
	b) 維持管理時	C	C	A	A	A	A
総合評価	建設費は Case-1 のシナリオが最も安価となるが、年平均費用は Case-1-2 から Case-2-3 まで 15%以内の差となっている。 一方、リスクや環境配慮については、Case-2-2 から Case-2-4 が優位となる。 以上より、Case2-2 が総合的な評価として最適な案であると判断する。 ただし、Case-2-3 についても、光ファイバー等の他のケーブル類を同時に収納できるため、費用が比較的高くなるが良案である。						

4.4 施設計画

4.4.1 施工方法の検討

管きよの敷設工法は、開削工法、推進工法、およびシールド工法に大別することができる。安全で効率よく管きよを敷設をするため、それぞれの状況に適した工法を選定しなければならない。以下に、各工法の概要を示す。

<開削工法>

管きよの掘削深が浅いものや、地下埋設物等の重要な施設がある場合に、それらの位置を確認しながら施工する場合等に採用される。道路を掘り返して施工するため交通への影響が大きい、施工費用は比較的安価である。

<推進工法>

非開削工法の一つで、一般的に小口径(φ200)～大口径(φ2000)程度の管きよに対応している。立坑(発進立坑)を設け、推進用の管きよを推進掘削しながら挿入し、立坑(到達立坑)に接続させることで、開削せずに管きよを敷設することができる。利点としては、道路を掘削しないので、騒音・振動・交通渋滞などの諸問題を解消することが出来る。しかしながら、大口径になると推進管の調達が困難であることと、開削工法よりも費用が高くなる場合が多い。

<シールド工法>

非開削工法の一つで、一般的に大口径(φ1500～)に対応している。立坑(発進立坑)を設け、シールドと呼ばれる掘削機により掘削し、掘削した部分に鉄筋コンクリートのセグメント(管きよを3分割～6分割したもの)を構築していき、立坑(到達立坑)に接続させることで、開削せずに管きよを設置することができる。シールド機には切羽の開放状態により開放型と密閉型に分類される。また、推進工法は原則として管きよは円形状であるが、シールド工法は円形、馬蹄形、矩形、楕円形等の形状を構築することができる。施工費用は最も高価である。またシールド工法のなかでもシールド機と同様の機構であるが、超硬質の岩にまで対応できる機能を付加したTBM工法がある。

(1) インターセプターNo.1

(A) 施工の概要

本セクションは、前項にて述べたように、サヴァ川を横断するためφ3500mmの管廊を構築し、内部にφ1000mmの圧送管を2条敷設する計画である。管廊として正常に機能するためには管きよ継目の確実な止水性が求められるため、シールド工法による施工を推奨する。

管材については、土中に直接敷設するNew Ušćeポンプ場からインターセプターNo.1までの約90mの-spanはバルブや異形管との接合性が良いダクタイル管、管廊内は施工性と経済性が良い高密度ポリエチレン管(HDPE)を用いる事を推奨する。

管廊内の配管を図4.7に示す。管廊内には、維持管理のために照明および換気設備を設ける。管廊を施工後にモルタルを下部に充填し圧送管の設置スペースを設ける。圧送管は管廊内にて配管可能であるが、シャフトにて接合/溶着した圧送管を順次引き込みながら施工する事も可能である。

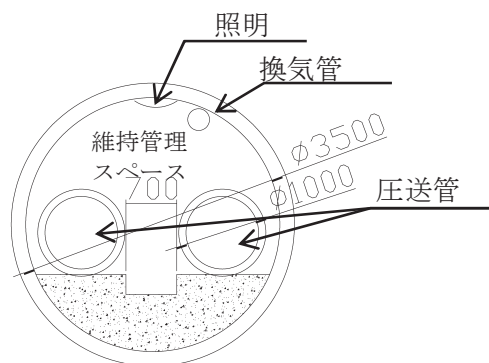


図 4.7 管廊内の配管

平面図及び縦断図を、図面集の図面番号“SEW-01, 02, 15 及び 20”に示す。

(B) 立坑の概要

発進立坑及び到達立坑の形状(参考値)を表 4.17 に示す。

表 4.17 発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.1)

内径	セグメント 外径 (参考)	機体長 (参考)	発進 立坑用地 (参考)	発進・到達 立坑寸法 (参考)
3500mm	4,300mm	8,000mm	900m ²	L12.0m x B7.0m

発進立坑用地には、セグメント、レール、裏込め材、作泥土材、枕木等の材料、注入プラント、土砂ホッパー、発生土改良設備等の坑外設備、作業員休憩所、運転管理室、現場詰所等が設置できる広さを想定している。

立坑の候補地を図 4.8 及び図 4.9 に示す。

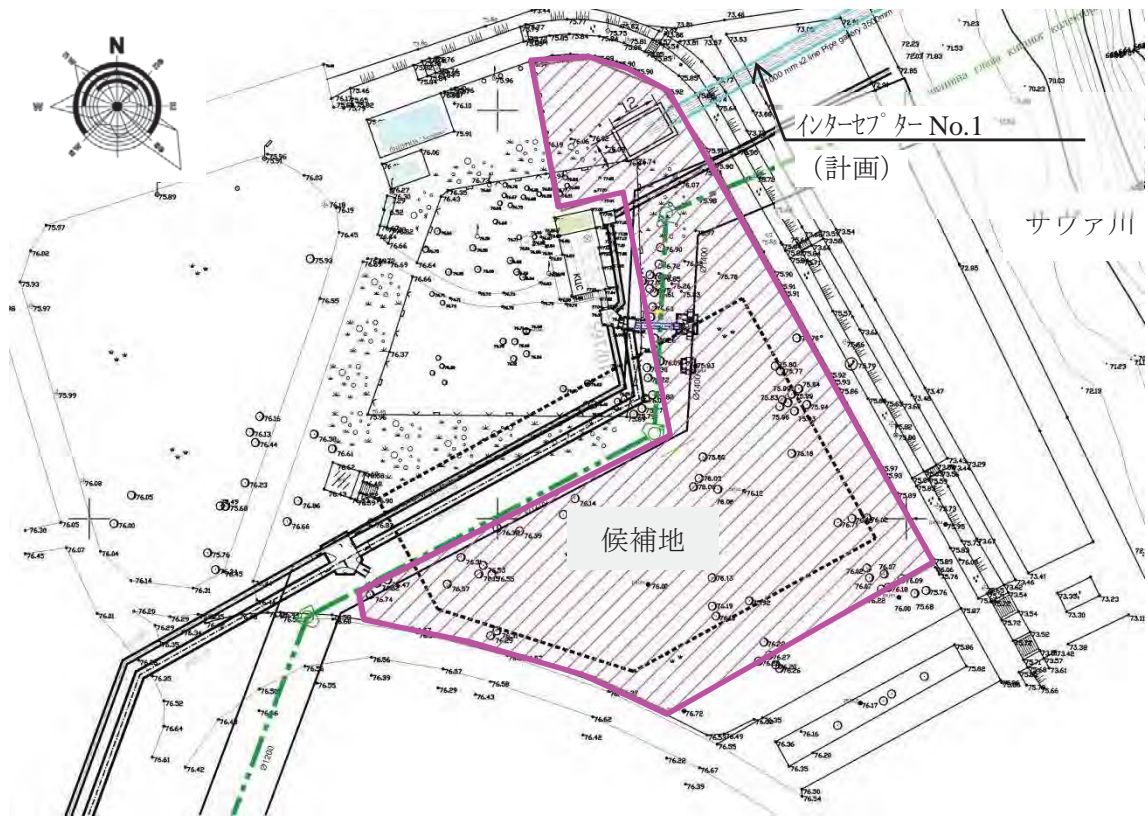


図 4.8 インターセプターNo.1の発進立坑候補地

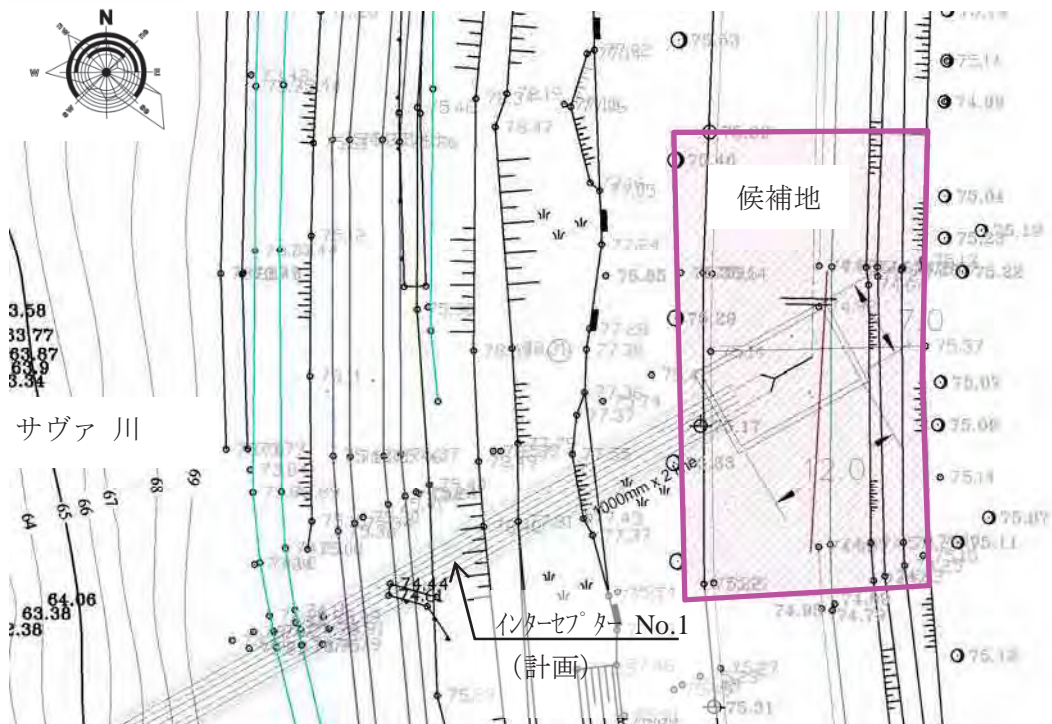
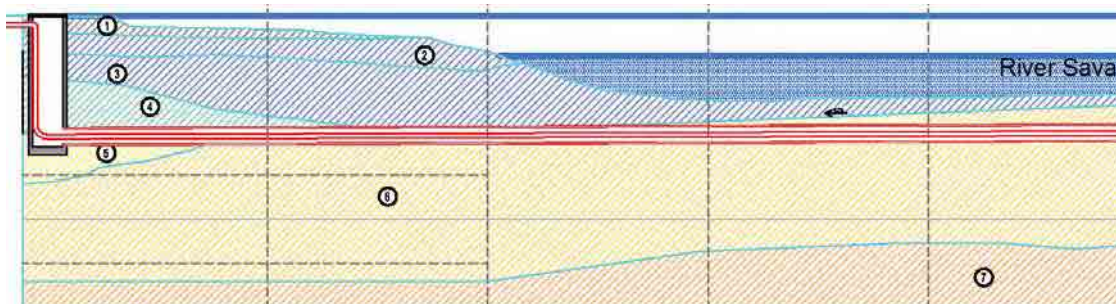


図 4.9 インターセプターNo.1の到達立坑候補地

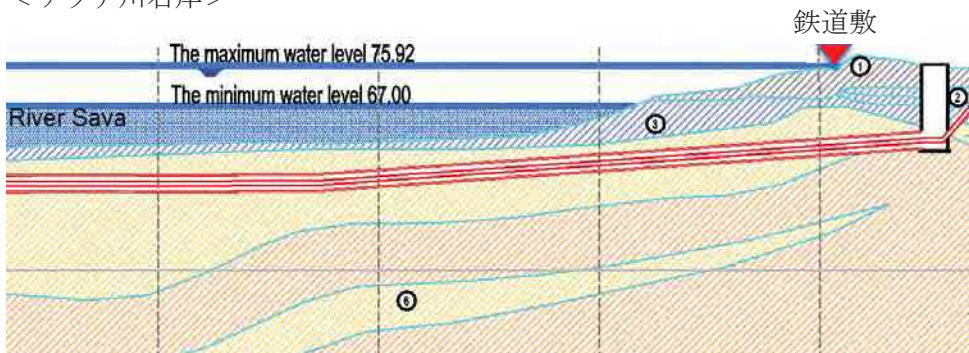
(C) 土質の概要

サヴァ川の土質は、Preliminary Design for New Ušće Pumping Station (2007)により次のように示されている。

<サヴァ川左岸>



<サヴァ川右岸>



図中①：表土(埋戻土)、②③：砂質シルト、④⑤：砂質土（④は湖成堆積物層）、⑥：石灰岩、⑦：砂岩

シールド部の土質性状は主に石灰岩であるため、施工性に関する問題はないと想定される。ただし、地下水位が高いため、立坑工事の際に地下水対策が必要である。

(D) 実施設計での留意事項

既計画での施工条件に基づき、鉄道敷との離隔を鉛直方向に 15m 確保し、かつ鞘管を設ける配慮を行った。ただし、詳細設計の際には鉄道会社側へ施工条件を再度確認する事が必要である。

(2) インターセプターNo.2

(A) 施工の概要

本セクションは表 4.18 に示すように $\phi 1400\text{mm}$ の圧送管 1 条を敷設することが既計画にて提案されており、本調査もそれを踏襲する。平均勾配は -0.5% 、掘削深は 4~6m 程度である。

河川沿いのスパンは地下水位が高いことが予想されるが、下流側に向かって標高が高くなるので、地下水位が施工に影響するのは上流側の河川沿いに限定されると考えられる。

表 4.18 インターセプターNo.2 の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (海拔)
インターセプター No.2 (km0+000 から 0+946 まで)	946m	φ 1400mm	-0.5‰ (圧送)	4m ~ 6m	+ 56.00 (上流側) +76.68 (下流側)

管きょ敷設予定地は遺跡の側であることから、圧送管を敷設する際に遺跡の状況を確認する必要があるため原則として開削施工を採用するが、図 4.10 に示すように、河川横断後の一部区間、および圧送管の汚水排水管については下記の理由により推進工法を適用することを推奨する。

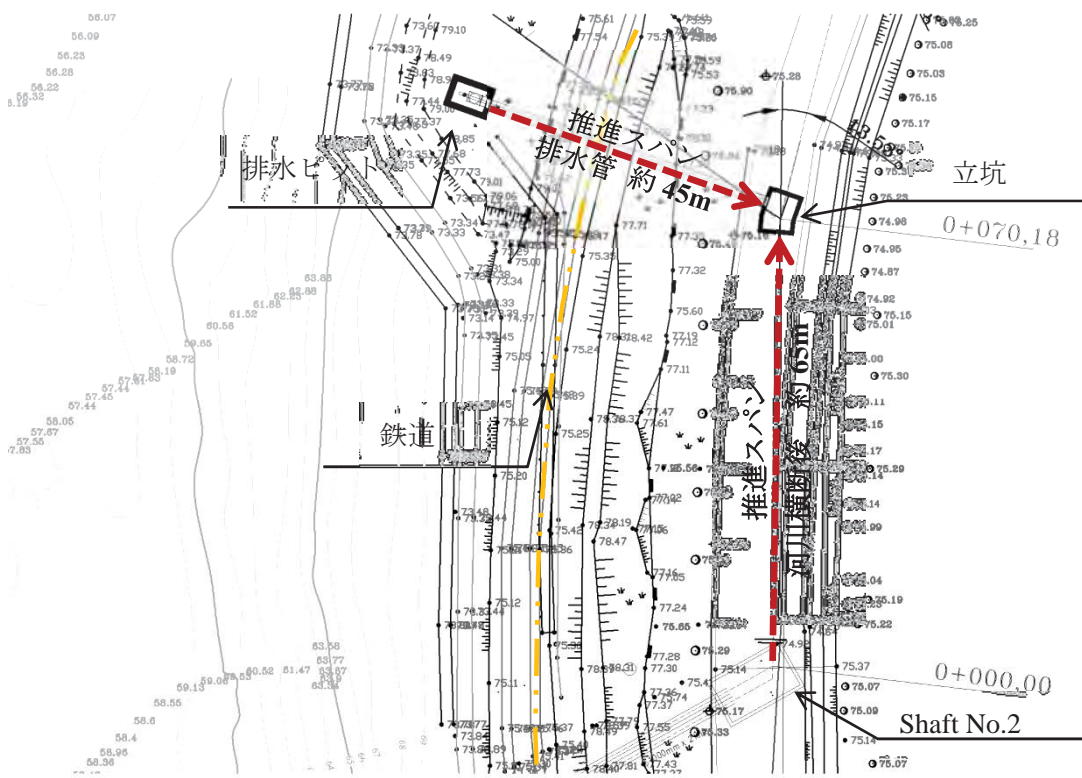


図 4.10 推進工法の適用スパン

a) 河川横断後(L=65m)

砂分や固形物を下流部に掃流させるため、図 4.11 に示すようにシャフト内で 90 度の上り勾配を用いて流部に接続する事を避け、推進施工により φ 1400mm の圧送管を敷設することで

緩やかな登り勾配を確保する計画とする。

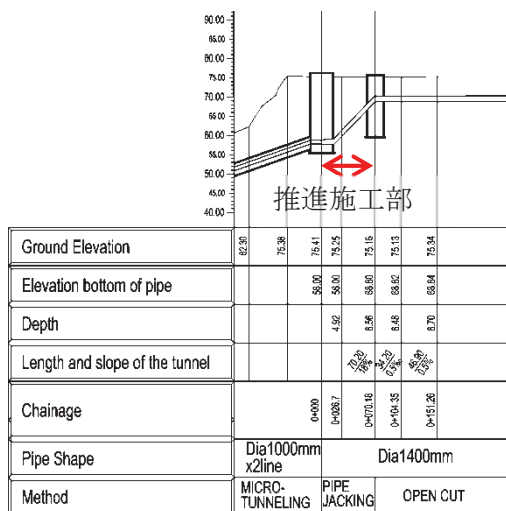


図 4.11 推進工法施工部の縦断図

b) 汚水排水管(L=45m)

インターセプターNo.2 の区間の汚水を排水するため排水管を設ける。排水ピットは道路沿いに適した用地が無いサヴァ川付近に設け、バキューム車により排水する計画とする。この排水管は鉄道横断する事になるため鋼管もしくはダクタイル管で防護する。図 4.12 に示すように、防護管の施工は鉄道に影響が少ない推進工法を用い、防護管は鉄道敷から鉛直方向に 15m のクリアランスを確保する。

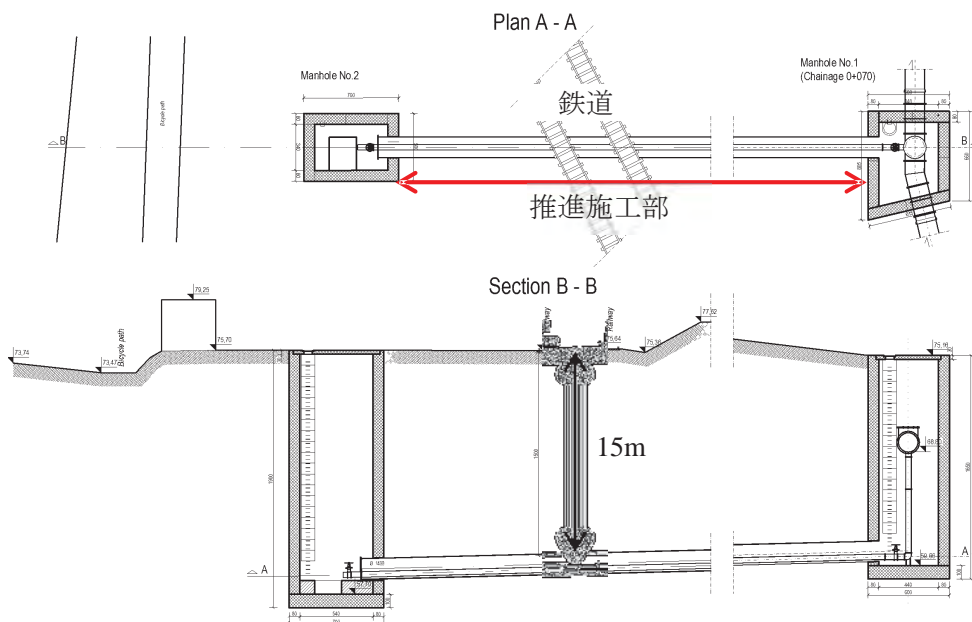


図 4.12 推進工法施工部の平横断図

管材は、開削施工部分は HDPE 管が経済性・施工性に優れるため推奨する。また推進施工部については、鋼管もしくは推進用ダクタイト管が考えられるが、汚水に対する耐久性が強いダクタイト管を用いることを推奨する。

平面図及び縦断図を、図面集の図面番号“SEW-02～04 及び 15”に示す。

(B) 立坑の概要

発進立坑及び到達立坑の形状(参考値)を表 4.19 に示す。

表 4.19 発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.2)

内径	機体長 (参考)	発進 立坑用地 (参考)	発進・到達 立坑寸法 (参考)
1400mm	2,500mm	300m ²	L5.0m x B8.0m

発進立坑用地には、推進管、作泥土材、枕木等の材料、注入プラント、土砂ホッパー、発生土改良設備等の坑外設備、作業員休憩所等が設置できる広さを想定している。

発進立坑は交通の支障が少ないように排水ピットと Shaft No.2 からの発進が望ましい。したが、Shaft No.2 の築造工事時に 65m のスパンを推進施工し、次いで、排水ピットの築造時に 45m のスパンを推進施工する事を想定する。図 4.13 に排水管施工の発進立坑候補地を示す。



図 4.13 排水管の発進立坑候補地

(C) 土質条件

サヴァ川右岸側の土質は(インターセプター No.1 の項を参照)、砂質～砂質シルト層であるため、推進工法の適用に問題は無いと考えられる。

(D) 詳細設計での留意事項

本調査では、既計画での施工条件を基に、鉄道敷との離隔を 15m 確保し、かつ管廊を設ける事で圧送管を防護できるように配慮している。本調査を基に、詳細設計にて鉄道会社側への施工条件の確認を行う必要がある。

(3) インターセプターNo.3

(A) 施工の概要

本セクションは卵形 200/170cm の自然流下管 1 条を敷設することが既計画で提案されていたが、円形管の方が 2 次製品の購入が可能で施工も用意であることと、低流量時においてより速い流速が得られるためφ2000mmに変更する。表 4.20に示すように平均勾配は1.0‰、掘削深は4～8m程度と浅いこと、および地下埋設物を確認しながら施工するため開削施工を適用する。

表 4.20 インターセプターNo.3 の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (海拔)
インターセプターNo.3 (km0+946 から 2+772 まで)	1,826m	φ 2000mm	1.0‰ (自然流下)	4m ～ 8m	+ 76.68(上流側) +75.00(下流側)

インターセプターNo.3 の km 1+668 地点で Dorcol ポンプ場(調査対象外)からの流入を受けるため、合流地点にマンホールを設置して将来の流入に備える。(図面集の図面番号 SEW-07 及び 24 を参照)

平面図及び縦断図を、図面集の図面番号“SEW-04～09 及び 15”に示す。

(B) 詳細設計での留意事項

防食対策

インターセプターNo.3 の起点マンホールおよび km 1+668 地点の Dorcol ポンプ場からの着水マンホールは、圧送管の吐出口となるため防食対策が必要である。圧送距離が長いので硫化水素濃度が高いと考えられるため、耐硫酸性コンクリートを用いるか防食塗装を塗布

するか、もしくは併用するか考慮する必要がある。

部分的な推進工法の適用

インターセプター No.3 を敷設予定の道路は、市街地の主要な道路に位置するため地下埋設物が非常に多い。地下埋設物の正確な位置や高さは明らかでないため、開削施工により埋設物を確認、場合によっては移設を行いながら施工する必要がある。ただし、トラムや交差点等の交通に大きく支障する地点については推進施工を行うことが望ましいため、部分的な推進工法の適用について検討する必要がある。

(4) インターセプターNo.4

(A) 施工の概要

本セクションは表 4.21 に示すように馬蹄形 380/380cm の自然流下管 1 条を敷設することが既計画で提案されており、本調査もそれを踏襲する。平均勾配は 0.5‰、掘削深は 9～12m 程度である。掘削深は深い地下埋設物を確認しながら施工するため原則として開削施工とする。管材は大口径であることから鉄筋コンクリート製とする。

表 4.21 インターセプター No.4 の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (海拔)
インターセプターNo.4 (km2+772 から 3+715 まで)	943m	馬蹄形 380/380cm	0.5‰ (自然流下)	9m ~ 12m	+73.70(上流側) +73.23(下流側)

インターセプターNo.4 の起点はインターセプター No.3(φ 2000mm)、インターセプター No.10(φ 2800mm)及び Terzijiski Collector(230/280cm)が合流するため、これらの大口径の管きよを接続するための構造物が必要となるが、インターセプターNo.10 の詳細設計である“GLAVNI PROJEKAT KOLEKTORA TUNELA HITNA POMOĆ – VENIZELOSOVA (ĐURE ĐAKOVIĆA)”の中で示されている方針を踏襲する。

本設計によると、図 4.14 に示すように、インターセプターNo.3 及び No.4 を敷設する際には、まず合流管きよを部分的に敷設替えしなければならない。このため、インターセプターと同時に施工する必要がある。また、雨水管きよとインターセプター No.3 とが交差する部分は鉛直方向のクリアランスが確保できないため、雨水管きよ側を伏越し形状としなければならない。

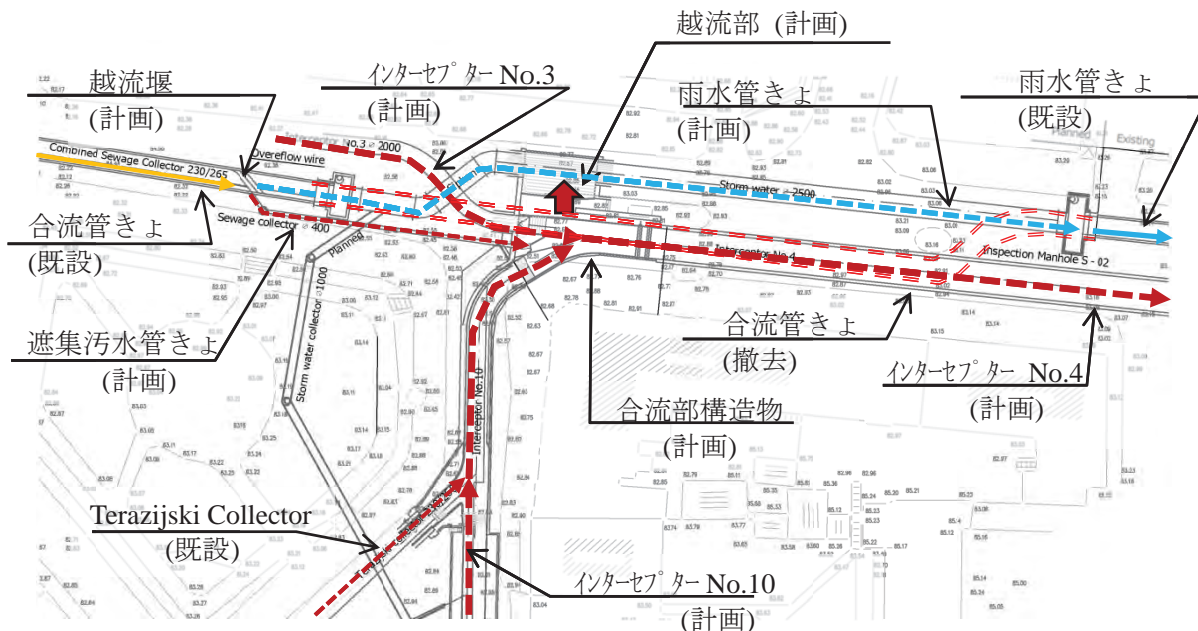


図 4.14 インターセプターNo.4 起点部の平面計画

インターセプターNo.4 の km 2+954 地点にて Bulbulderski Collector の流入があるため、既計画を基にインターセプターへの流入を計画する。(図面集の図面番号 SEW-09, 42 及び 45 を参照)

インターセプターNo.4 の km 3+670 地点にて Pristaniste PS(調査対象外)の流入があるため、既計画を基にインターセプターへの流入を計画する。(図面集の図面番号 SEW-11 及び 45 を参照)

平面図及び縦断図を、図面集の図面番号“SEW-04～09 及び 15”に示す。

(B) 詳細設計での留意事項

インターセプターNo.4 の起点部は多数の地下埋設物があることから施工は非常に困難である。詳細設計では、地下埋設物の切替を考慮した施工計画を綿密に検討する必要がある。また、インターセプターNo.4 の下流部は標高が高くなり掘削が深くなることから、シールド工法等の非開削工法による施工を検討することが望ましい。

(5) インターセプターNo.6

(A) 施工の概要

本セクションは表 4.22 に示すようにφ4000mm の自然流下管 1 条を敷設することが既計画で提案されており、本調査もそれを踏襲する。管径が大きく掘削も深く、かつ土質も硬質岩が含まれる条件であるためシールドもしくは TBM 工法を適用する。なお、本セクション

の前後となるインターセプター No.5 及び No.7 は 1980 年代に敷設されている。立坑は存置していないため、新たに立坑を設置し既設管と接続する計画とする。

表 4.22 インターセプター No.6 の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (海拔)
インターセプターNo.6 (km4+238 から 5+090 まで)	852m	φ 4000mm	0.5‰ (自然流下)	8m ~ 32m	+72.96(上流側) +72.54(下流側)

平面図及び縦断図を、図面集の図面番号“SEW-12~14 及び 16”に示す。

(B) 立坑の概要

発進立坑及び到達立坑の形状(参考値)を表 4.23 に示す。

表 4.23 発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.6)

内径	セグメント 外径 (参考)	機体長 (参考)	発進 立坑用地 (参考)	発進・到達 立坑寸法 (参考)
4000mm	4,800mm	8,600mm	900m ²	L12.0m x B7.0m

発進立坑用地には、セグメント、レール、裏込め材、作泥土材、枕木等の材料、注入プラント、土砂ホッパー、発生土改良設備等の坑外設備、作業員休憩所、運転管理室、現場詰所等が設置できる広さを想定している。

立坑の候補地を図 4.15 及び図 4.16 に示す。

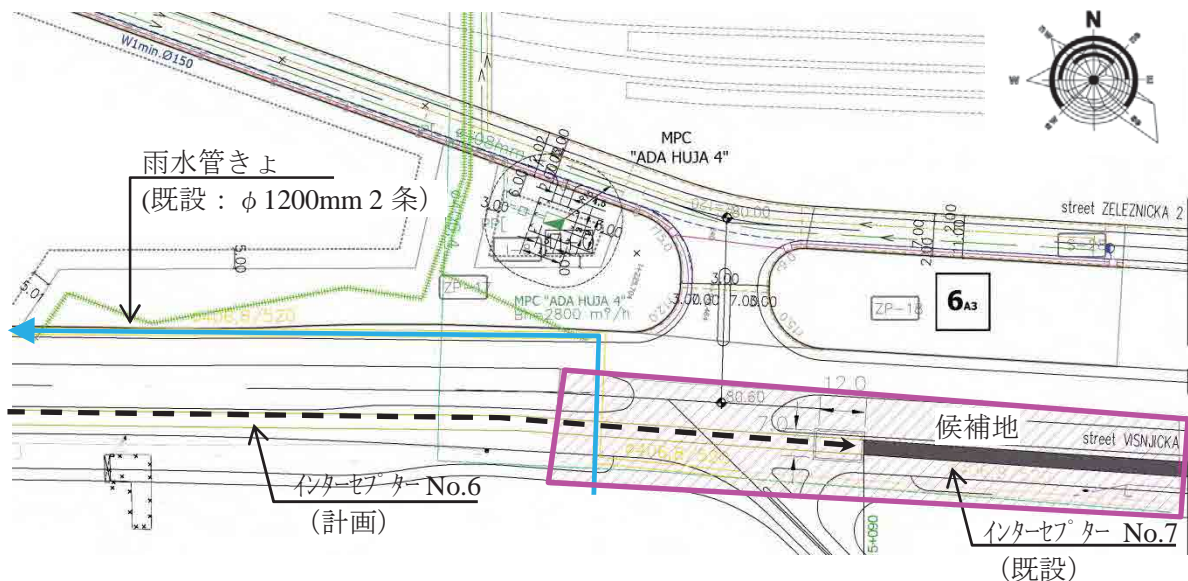


図 4.15 インターセプターNo.6の発進立坑候補地

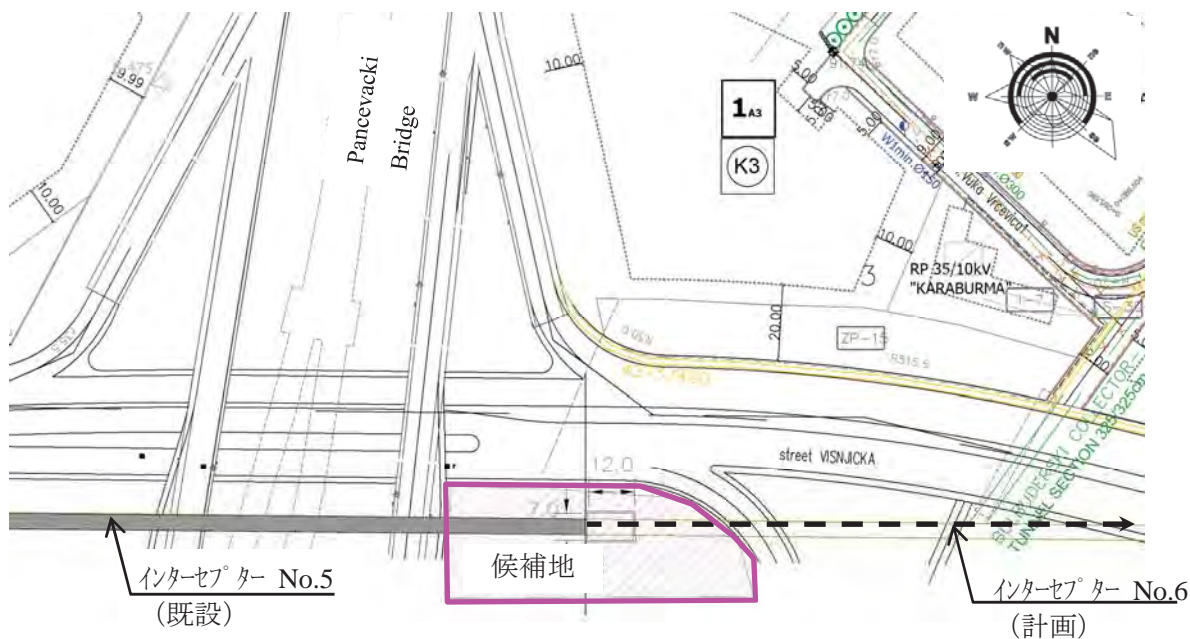


図 4.16 インターセプターNo.6の到達立坑候補地

(C) 土質条件

インターセプターNo.5及びNo.7の詳細設計(1982年)における土質調査によると、施工部の土質性状は主に石灰岩・砂岩・泥炭岩であった。それ以降に土質調査は実施されていないが土質性状の変化はないと考えられる。Appendix-Iに当時の土質データを示す。

(D) 詳細設計の留意事項

インターセプターNo.6 の終点部に雨水管との交差があることから、インターセプターの敷設前に雨水管きよ(φ1200mm 2条)を移設する必要がある。移設方法として、交差点より上流側を別系統の雨水管きよまで切り回すか、インターセプターを伏越して下流部に接続する事が考えられる。しかしながら、雨水管きよに関する正確な集水区域や、インターセプター交差部の正確な埋設深さが明らかでないことから、詳細設計時に雨水管きよの流入系統及び管底高を確認し、最適な移設方法について検討する必要がある。

(6) インターセプターNo.10

(A) 施工の概要

本セクションは表 4.24 に示すようにインターセプターNo.10 の起点部から Terazijski Collector(既設)との合流部までのφ2800mm の自然流下管(3000m)をシールド工法で施工し、それ以降からインターセプター No.4 の接続までのボックスカルバート 300cm x 300cm(80m)を開削で施工することが既計画で提案されており、本調査もそれを踏襲する。

表 4.24 インターセプターNo.10 の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (海拔)
インターセプター No.10	3000m	φ2800mm	0.5‰ (自然流下)	8m ~ 32m	+77.24 (上流側)
	80m	ボックス カルバート 300/300cm			+76.95 (下流側)

インターセプターNo.10 の起点部は、図 4.17 に示すように Mostar ポンプ場からの接続管及び Old Mokrolug Collector が合流する。Old Mokrolug Collector は合流管であるため、インターセプター No.10 に流入する手前で晴天時汚水量の3倍以上をサヴァ川に放流するため越流堰を設ける計画である。

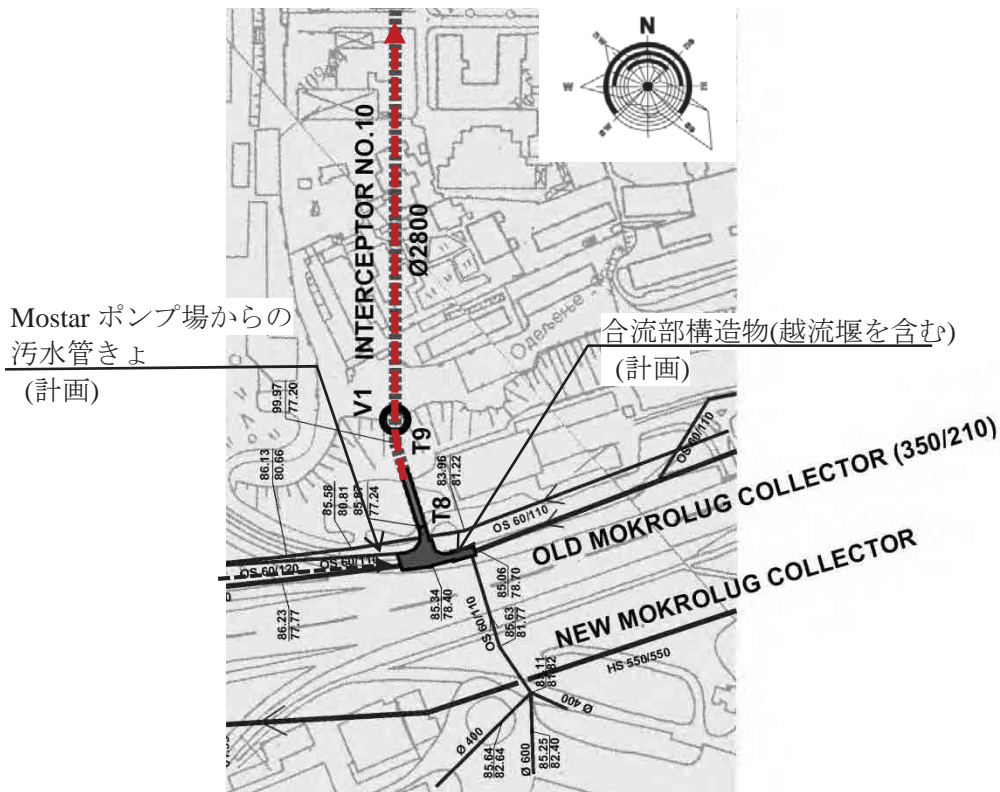


図 4.17 インターセプターNo.10 起点部の平面計画

平面図及び縦断面図を、図面集の図面番号“SEW-47 及び 49”に示す。

(B) 立坑の概要

発進立坑及び到達立坑の形状(参考値)を表 4.25 に示す。

表 4.25 発進・到達立坑の形状 (インターセプターNo.10)

内径	セグメント 外径 (参考)	機体長 (参考)	発進 立坑用地 (参考)	発進・到達 立坑寸法 (参考)	備考
2800mm	3,600mm	7,600mm	800m ²	L11.0m x B6.0m	

発進立坑用地には、セグメント、レール、裏込め材、作泥土材、枕木等の材料、注入プラント、土砂ホッパー、発生土改良設備等の坑外設備、作業員休憩所、運転管理室、現場詰所等が設置できる広さを想定している。

立坑の候補地を図 4.18 及び図 4.19 に示す。



図 4.18 インターセプターNo.10の発進立坑候補地

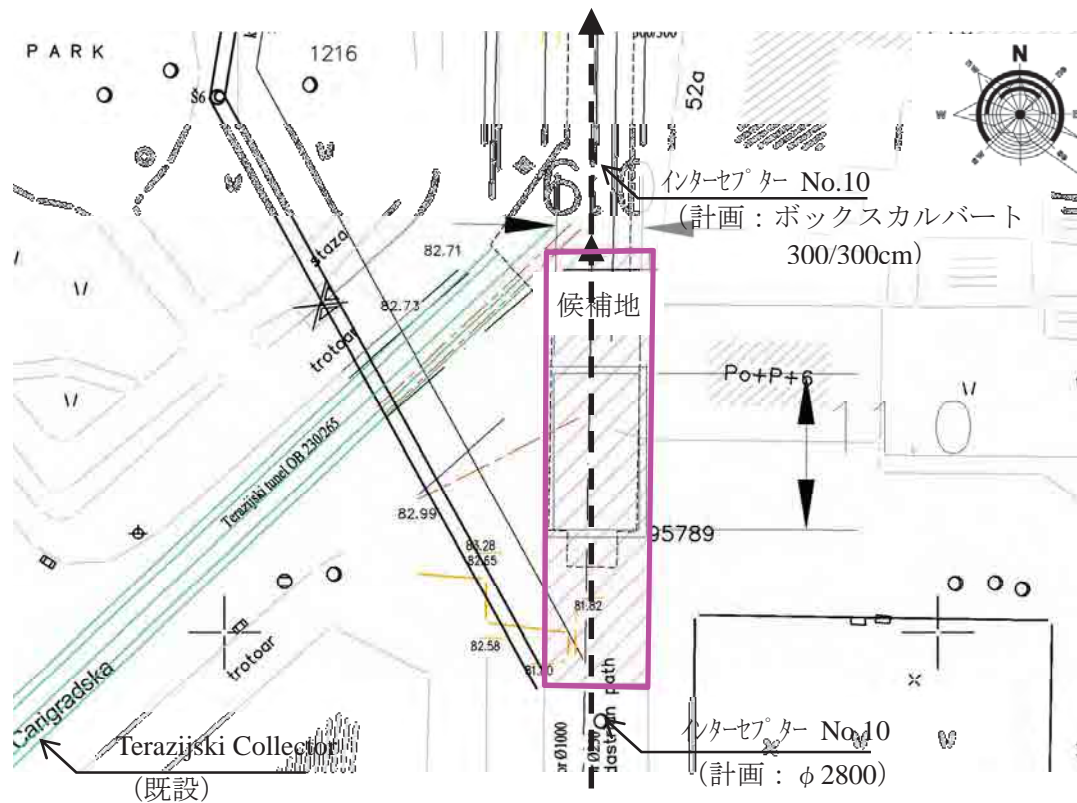


図 4.19 インターセプターNo.10の到達立坑候補地

(C) 土質条件

詳細設計時に調査済みである。シールドもしくはTBM機により掘削する土層は主に石灰岩や泥炭岩からなる。Appendix-I に土質データを示す。

(7) Mostar PS からインターセプターNo.10 への接続管

(A) 施工の概要

本セクションは表 4.26 及び図 4.20 に示すように Mostar ポンプ場からの 2 条の圧送管（φ 700mm）を受け、円形 1600mm の自然流下管 1 条をインターセプターNo.10 の起点部まで敷設することが既計画にて提案されており、本調査でもそれを踏襲する。掘削深さは 4m～9m であり比較的深くなるため、全長 L=321 m のうち、掘削深が浅いスパン(L=約 155m)については開削工法、掘削深が深いスパン(L=約 166m)については推進工法を用いる計画である。

表 4.26 インターセプターNo.10 への接続管の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (masl)
接続管	321m	φ 1600mm	1.5‰ (自然流下)	4m ~ 9m	+78.50(上流側) +78.01(下流側)



図 4.20 インターセプターNo.10 への接続管の平面計画

平面図及び縦断面図を、図面集の図面番号“SEW-50 及び 51”に示す。

(B) 立坑の概要

発進立坑及び到達立坑の形状(参考値)を表 4.27 に示す。

表 4.27 発進・到達立坑の形状 (接続管)

内径	機体長 (参考)	発進 立坑用地 (参考)	発進・到達 立坑寸法 (参考)
1600mm	2,500mm	300m ²	L5.0m x B8.0m

発進立坑用地には、推進用管材、作泥土材、注入プラント、土砂ホッパー、発生土改良設備等の坑外設備、作業員詰所が設置できる広さを想定している。

立坑の候補地を図 4.21 及び図 4.22 に示す。

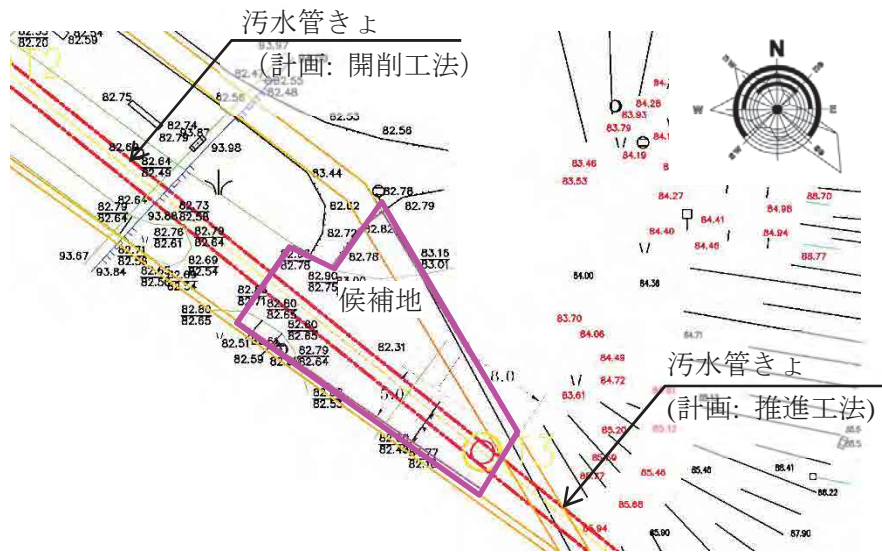


図 4.21 インターセプターNo.10 への接続管の発進立坑候補地

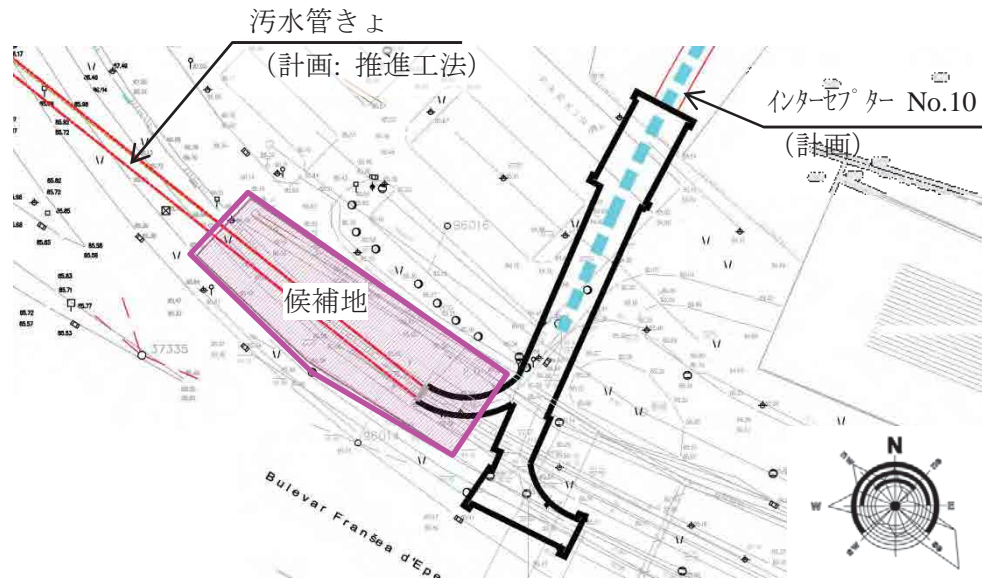


図 4.22 インターセプターNo.10 への接続管の到達立坑候補地

(C) 土質の概要

Mostar PS 付近の土質は道路建設の際に埋め戻された砂質土であり、推進工法に支障となるような口径の大きい礫質土は含まれていないと考えられる。

(D) 詳細設計への留意事項

土質条件の確認

接続管の推進施工部分について、土質調査が実施されておらず土質条件が明らかではない。推進工法の適用は可能であると考えられるが、適用する推進工法の選定に影響するため土質調査を実施することが望ましい。

(8) インターセプターNo.5, No.7, No.8 and No.9(建設済)

(A) 施工の概要

インターセプターNo.5 及び No.7 は 1990 年に建設されている。一方、インターセプターNo.8 及び No.9 は、それから約 20 年後の 2009 年に建設が開始し 2012 年末に工事が完了した。インターセプター No.5 及び No.7 は建設後かなりの年月が経過したため竣工図が残っておらず施工後の詳細な情報を得ることができなかった。このため、インターセプターNo.8 の建設時には、インターセプターNo.7(既設)に接続する直前に、水中測量によってインターセプターNo.8 末端の正確な場所と高さを計測している。インターセプターNo.6 の建設時にも同様の調査を実施し、正確な場所と高さを確認した後に接続することが望ましい。

インターセプターの施設能力については、表 4.3 に示したように、時間最大時の流速が約 1.8m/s～1.9m/s と適切な流速が確保されている。

建設済みであるインターセプターの概要を表 4.28 に示す。

表 4.28 インターセプターNo.5, No.7, No.8 and No.9 の施設概要

	延長	管径	平均勾配	掘削深	管底高 (海拔)
インターセプターNo.5 (km3+715 から 4+238 まで)	523m	馬蹄形 380/380cm	0.5‰ (自然流下)	12m~28m	+ 73.23 (上流側) +72.96 (下流側)
インターセプターNo.7 (km5+090 から 5+867 まで)	777m	馬蹄形 380/380cm	0.5‰ (自然流下)	7m ~ 8m	+ 72.54 (上流側) +72.10 (下流側)
インターセプターNo.8 (km5+867 6+800 まで)	933m	φ 4000mm	0.5‰ (自然流下)	8m ~ 12m	+ 72.10 (上流側) +71.63 (下流側)
インターセプターNo.9 (km6+800 から 12+638 まで)	5838m	φ 4000mm	0.5‰ (自然流下)	4m ~ 200m	+ 71.63 (上流側) +68.72 (下流側)

平面図及び縦断図を、図面集の図面番号“SEW-11~14 及び 16~18”に示す。

インターセプターNo.9 は国際入札により現地の建設業者である“Hidrotehnika – Hydroenergetika 社”が受注した。インターセプターの建設に用いた TBM 機は、LDA がドイツの“WIRTH”社から購入し、“Hidrotehnika – Hydroenergetika 社”がこれを用いて施工した(図 4.23 の写真 1)。インターセプターNo.9 の施工後、LDA は同社とインターセプターNo.8 まで延伸する契約を行い実施している。また、施工監理は LDA が行っている。現場事務所や建設現場は整理整頓が行き届き施工品質も優れていることから(図 4.23 の写真 2, 3, 4)、現地業者がシールドや TBM 機を用いて管きょ工事を実施する能力は十分にあると考えられる。したがって、残りのインターセプターのシールド/TBM 工事部分の実施についても、技術的には問題がないと判断できる。

インターセプターNo.8 の工事終了後、TBM 機は Veliko Selo 下水処理場予定地に運搬され保管されているようである。本機の仕様はインターセプターNo.6 の施工にも適しており、これを再利用する事が合理的で経済的であると考えられる。しかしながら、円借款によりインターセプター No.6 を建設する場合、借款契約や詳細設計を考慮すると建設開始時期が何年も後になり TBM 機を適正な状態に保つ事は難しいと考えられる。このため、インターセプターNo.6 の建設に本 TBM 機を用いない想定とする。



図 4.23 現場写真 (インターセプターNo.9)

4.4.2 本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(管きょ)

インターセプターの仕様及び数量を表 4.29 に整理する。なお、立坑、マンホール及び合流施設は管きょ施設の一部であるため、管きょ延長に含まれるものとする。

表 4.29 本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(管きょ)

インターセプター	管種	数量(m)	施工方法	備考
No.1	φ 3500mm (鉄筋コンクリート製)	425	シールド工法	
	φ 1000mm x 2 条 (HDPE 管)	480 x 2 =960	管廊内据付	
	φ 1000mm x 2 条 (ダクタイル管)	90 x 2 =180	開削施工	Ušće PS からインターセプター No.1 まで
No.2	φ 1400mm (HDPE 管)	900	開削施工	
	φ 1400mm (ダクタイル管)	45+65 =110	推進施工	排水管を含む
No.3	φ 2000mm (HDPE 管)	1826	開削施工	
No.4	馬蹄形 380/380cm (鉄筋コンクリート製)	943	開削施工	
No.6	φ 4000mm (鉄筋コンクリート製)	852	シールド工法	
No.10 Mostar PS から インターセプ ター No.10 の 接続管	φ 2800mm (鉄筋コンクリート製)	3000	シールド工法	
	ボックスカルバート 300x300cm (コンクリート管)	80	開削工法	
	φ 1600mm (HDPE 管)	155	開削工法	
	φ 1600mm (鉄筋コンクリート管)	166	推進工法	

5. ポンプ場の施設計画

5.1 既存施設計画及び既存調査の設計、仕様等のレビュー

既存ポンプ場の施設概要は“2.3 ベオグラード市の既存下水道”にて述べている。ここでは、本調査対象である2箇所のポンプ場 (New Ušće ポンプ場及び Mostar ポンプ場)について検討を行うものである。

ポンプ場の位置図を図 5.1 に、主要設備の設置状況を表 5.1 に示す。

New Ušće ポンプ場は、既存の Ušće PS の排水能力が集水区域の人口増加に対応できなくなり加えてポンプ場自体が陳腐化しているため、新たに建設することが計画されている。

Mostar ポンプ場は、集水区域の汚水量に対応した排水能力を有しているが、下流側のインターセプターが未だに建設されていないため、1980 年代に建設してから一度も稼働していない状況である。

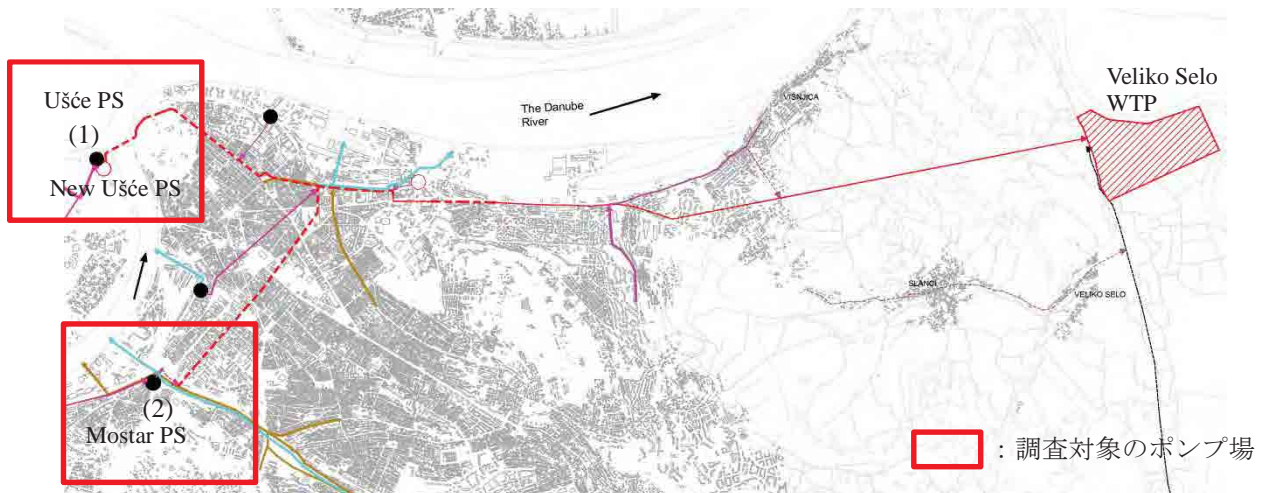


図 5.1 本調査対象であるポンプ場の位置図

表 5.1 本調査対象であるポンプ場の概要

名称	建設時期	主要設備			
		ポンプ設備	除砂設備	除塵機	自家発電機 SCADA
(1) Ušće PS	1969年	350 l/s x 3 台, 800l/s x 1 台 (4 台運転)	未設置	未設置	設置
	計画	800 l/s x 5 台 (4 台運転、1 台予備)	設置予定	設置予定	設置予定
(2) Mostar PS	1980年代	700 l/s x 6 台 (5 台運転、1 台予備)	未設置	未設置	設置

5.2 施設計画

5.2.1 施設計画の検討方針

(1) Ušće ポンプ場

Ušće ポンプ場は建設から 40 年以上が経過し既に土木施設としての耐用年数を迎えている。施設を視察した結果、ポンプ場本体のコンクリートは劣化が進んでいるため既存利用することは難しい。これに加え、ポンプ設備は流入する汚水量の増加に対応して大容量のものに取り替えているが、ポンプ室のスペースの制限からこれ以上の能力増強することも難しい。このため、新たに New Ušće ポンプ場を建設することは妥当であると考えられる。

以上から、New Ušće ポンプ場については既計画である Preliminary Design の施設計画の妥当性の検証及び改善案の提案を行い、本調査の最適案とする方針とした。

(2) Mostar ポンプ場

Mostar ポンプ場は建設から 30 年近くが経過しているが、汚水をポンプ場に引き込んでいないため、ポンプ場本体の劣化はそれほど進んでいない。一方、機械施設はメンテナンスのために定期的に始動しているようであるが今後の本格的な運転に対応できるか確認する必要がある、電気設備は利用可能な機器があるか確認する必要がある。これに加えて、既存施設の問題点について維持管理者にヒアリングし改善すべき事項があるか確認する必要がある。

以上から、Mostar ポンプ場については目視による劣化診断、及び維持管理者へのヒアリング等の実施に基づき施設改善計画の提案を行い、本調査の最適案とする方針とした。

5.2.2 New Ušće ポンプ場の施設計画

(1) 基本条件

ポンプ場はサヴァ川とドナウ川の合流地点に位置し分流式で整備されている。しかしながら、既存計画である Preliminary Design によると、本ポンプ場は分流区域に位置するが、サンプリング調査により多量の浸入水が流下してくる事が確認されている。このため、流入してくる汚水及び浸入水を排水するためポンプ場の計画水量は雨天時を考慮して計画されている。New Ušće PS の計画水量を表 5.2 に示す。なお、雨天時時間最大水量は日最大汚水量（浸入水及び河川水位の影響を含む）の 1.75 倍で計画されている。

表 5.2 New Ušće PS の計画水量

Item	計画水量 (2031年) (m ³ /日)
日平均水量	110,000
日最大水量	165,000
雨天時時間最大水量	289,000 3,350(l/s)

(2) New Ušće ポンプ場への流入方法

New Ušće ポンプ場に汚水を流下させるため、図 5.2 に示すように既設管きよに割込み人孔を設置し流入きよを設ける。割込み人孔の概略図を図 5.3 に示す。なお、非常時の放流系統を確保するため、既存の流入管きよは存地する。

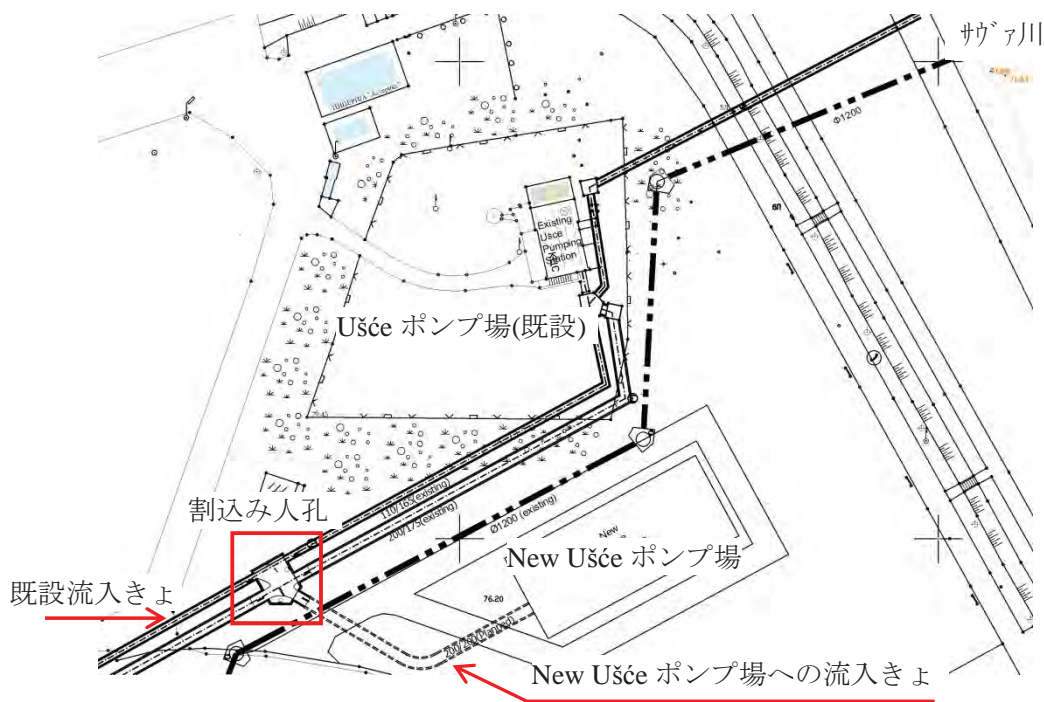


図 5.2 New Ušće PS の平面計画

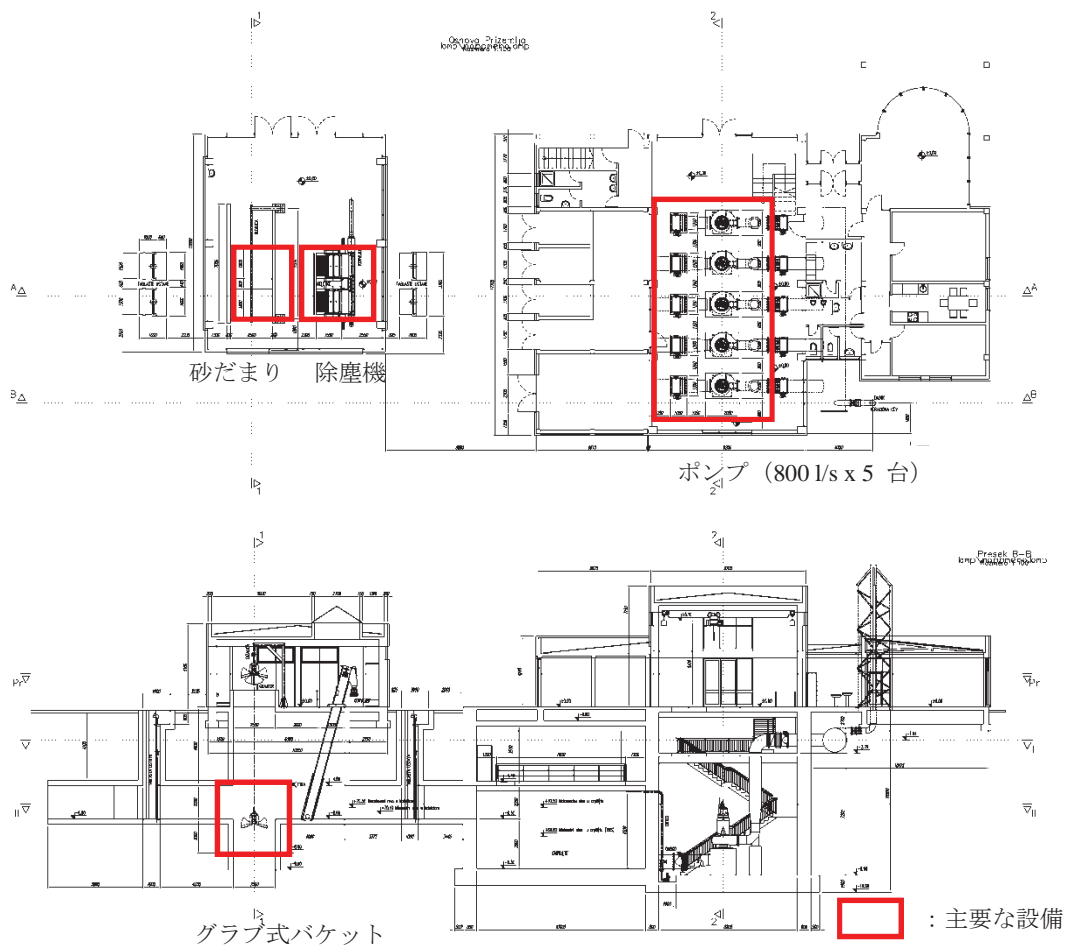


図 5.4 New Ušće ポンプ場の既存計画

既存計画で提案されたポンプ場の機能について、沈砂能力と硫化水素対策の 2 点が問題になると考えられる。問題点と対応策を表 5.3 に示す。

表 5.3 ポンプ場の問題点と対応策

問題点	検証	対応策
計画されている沈だまり (Sand trap) が小さく、砂を除去する事が困難であると考えられる。	除砂能力の検証	必要な沈砂に対する能力の確保
硫化水素や悪臭の発生し、維持管理に問題が発生すると考えられる。	-	要求される指針及び規制値の適用

除砂能力の検証

Preliminary Design によると、流入してきた砂は砂だまり (Sand trap) 及びグラブ式バケットにて取り除く計画である。除砂能力の検証結果を表 5.4 に示す。流入水路が幅 1.5m x 深さ 0.7m x 2 水路で計画されていることから、時間最大時の流速は約 1.3m/s である。この流速は、

粒径 1.0mm の砂が沈降するまでに沈だまり (Sand trap) を通り過ぎることになる。また、除塵機を通過する流速も 0.5m/s 程度が最適とされている。したがって、最適な流速を 0.5m/s とし、その流速を確保するために流入水路幅を 1.5m から 4.0m に広げ、砂が沈降するための延長を確保するために、図 5.5 に示すように除塵機を前段に、沈砂池 (Sand trap) を後段に配置する計画とした。この場合、表 5.4 に示すように、粒径 1mm 以上の砂は捕集できると考えられる。粒径 1mm 以下の砂については、圧送管にて砂が堆積しないように配慮を行う。

表 5.4 除砂能力の検証

項目	流入水路※	計画水量 (流速)	粒径 1mm の砂が沈砂池に沈降 するための最低流速	結果
Preliminary Design	幅 1.5m x 延長 6m x 深さ 0.7m x 2 水路	2.8m ³ /s (1.3m/s)	水深(水路+沈砂池) = 0.7+0.5 = 約 1.2m 1.2m ÷ 0.1m/s(沈降速度) = 12s 6m ÷ 12s = 0.5m/s (最低流速)	1.3m/s > 0.5m/s 沈降不可
JICA Study 案	幅 4.0m x 延長 9m x 深さ 0.7m x 2 水路	2.8m ³ /s (0.5m/s)	1.2m ÷ 0.1m/s = 12s 9m ÷ 12s = 0.75m/s (最低流速)	0.5m/s < 0.75m/s 沈降可

注記：水路延長は砂が沈降するための有効延長を示す
 沈降速度；100mm/s (Dia 1mm)、63mm/s (Dia 0.6mm)
 限界掃流力 (Sheilds curve)；0.5m/s (Dia 1mm)

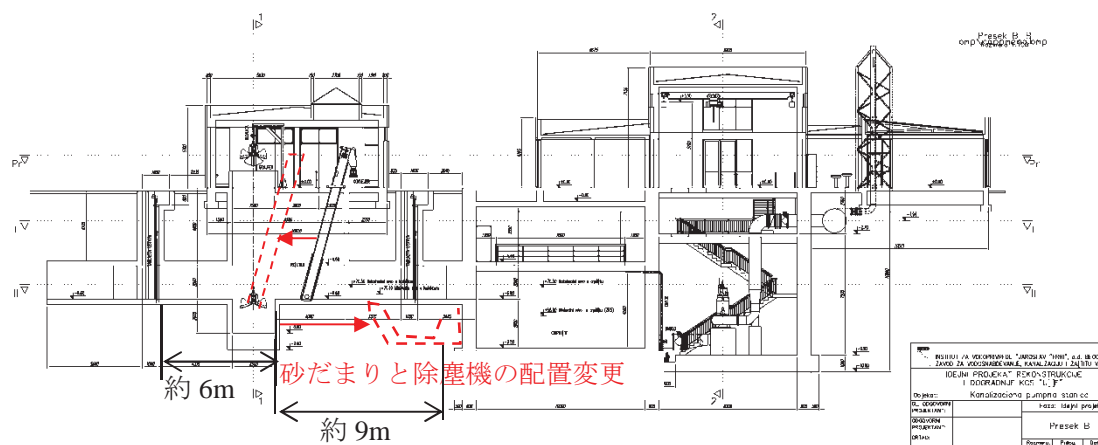


図 5.5 New Ušće ポンプ場計画の改善案

以上より、流入水路幅を広げ、砂だまりと除塵機の配置を逆にすることを提案する。また、グラブ式バケットでは砂を掴むことが困難であるため、除砂ポンプを設置して沈降した砂を確実に系外に除去することを提案した。なお、本変更で前段の前処理部分の施設幅が広がる事になるが、既に確保されているポンプ場の予定地内で収まるため、現在取得中である Location Permission への影響はない。

施設計画図を図面集の図面番号“UPS-01~03”に示す。

(5) ポンプ場の容量計算

上記検討に基づき、容量計算を行った。結果を Appendix-I に示す。

(6) 維持管理計画

(A) 沈砂、し渣の除去

沈砂の除去は揚砂ポンプで除去するものとする。

し渣は細目スクリーンにて除去するものとする。

(B) 圧送管用管廊内の維持管理

圧送管はポンプ場の一部であり、ポンプ場と一体で維持管理をおこなうことになるため、本章にて圧送管用管廊内の維持管理に必要な機能および設備について述べる。

圧送管用の管廊(サヴァ川横断部)には、維持管理のため図 5.6 に示すように床排水ポンプ、照明及び換気管を設ける。

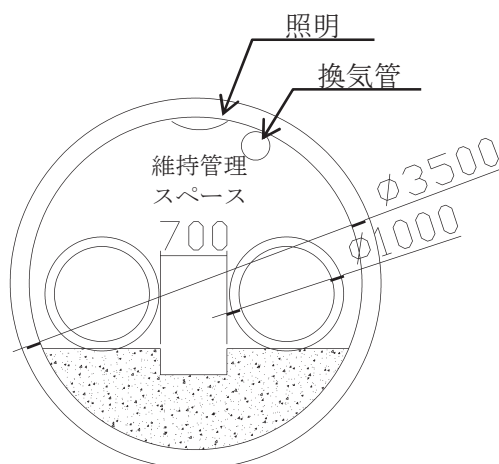


図 5.6 管廊の断面図

河川下越し部は空気が溜まりやすい状態になるため空気抜弁を設置する。また、圧送管内の検査や補修時に圧送管内の汚水を排水できる構造とするため、φ1400mm 圧送管合流部の手前に仕切弁を設置し、ポンプ場側のシャフトに排水用の T 字管を設置、床排水用のピットに流入させる計画とする。図 5.7 にそれらの配管設備の位置を示す。

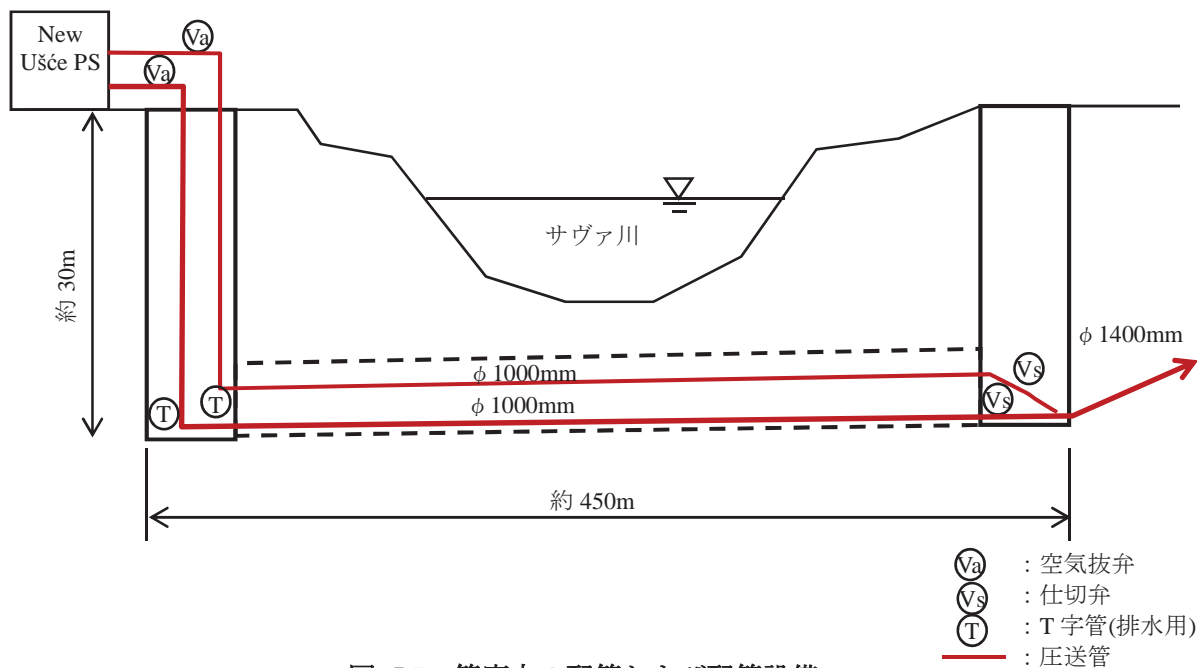


図 5.7 管廊内の配管および配管設備

<参考：配管の水抜きに必要な時間>

ポンプ容量を 0.30m³/分とした場合、管内汚水を排水するには 1 日必要である。

管内汚水量：0.79m² x (30+30+450m)=403m³

排水時間：403 m³ / (0.30m³/分 x 1 台 x 60 分 x 24)=約 1.0 日

管廊内の床排水、照明及び換気等の維持管理設備への電気供給は図 5.8 に示すように、New Ušće ポンプ場から行う。

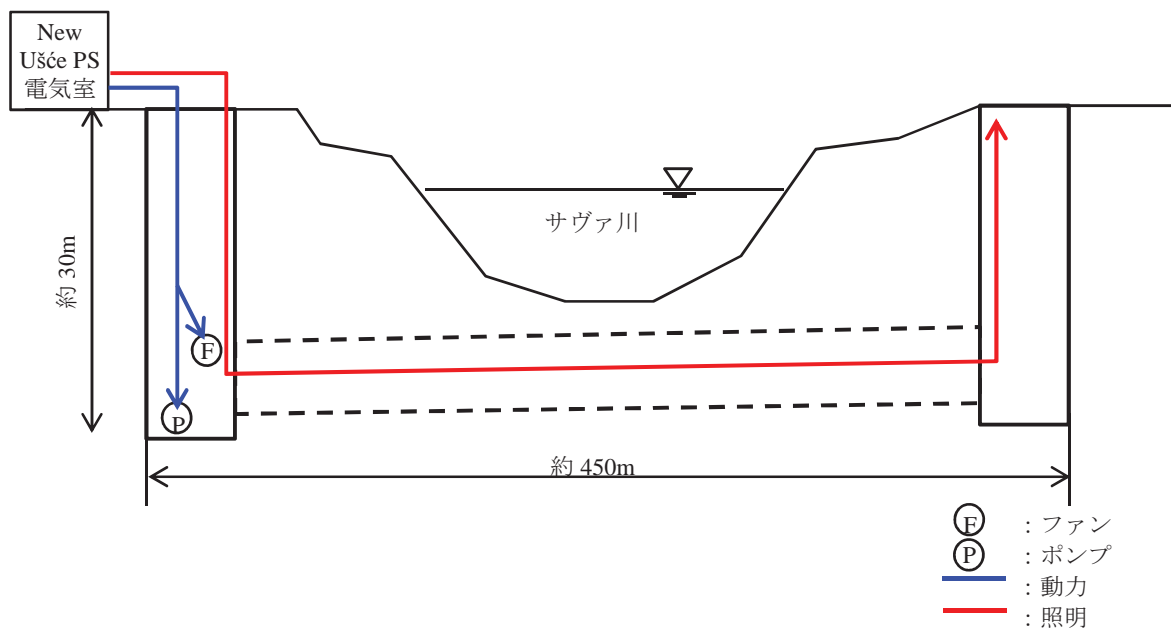


図 5.8 管廊内の維持管理設備

(7) 環境整備計画

本ポンプ場の建設予定地はドナウ川とサヴァ川との合流地点に位置し、この近辺は公園や商業施設が建設され住民の憩いの場となっている。したがって、周辺環境に配慮した計画とする。環境配慮に対する整備項目として、脱臭、防音防振、排煙、緑化、場内道路、場内排水、構造物の7項目が挙げられる。これらのうち危険物・緑化・場内道路・場内排水を考慮した場内整備図を図 5.9 に示す。

換気脱臭：悪臭については臭気に係わる規制基準を遵守し、公共施設として悪臭防止に努める。なお、臭気についてはヨーロッパ基準として EN 12255 Part 9: Wastewater treatment plants -Odor control and ventilation-があり、処理場の流入部は臭気が強く維持管理上の問題があるとしている。本ポンプ場の流入部についても、臭気が生じることが予想されるため、高濃度な臭気は脱臭を施し、周辺地域に嫌悪感を与えないような脱臭対策を講じる必要がある。また、し査や夾雑物を運搬する際にも、運搬用のコンテナ・車・船等から悪臭が漏れないように配慮する必要がある。

防 音：騒音の出る設備はコンクリート壁で遮断し、漏音を極力抑える。

排 煙：自家発電装置の排煙に含まれるすすを外部に出さないように努める。

危 険 物：自家発電用の重油が危険物に相当する。外部の者の手に触れないように配慮するため、敷地境界には危険防止及び防犯用のフェンスを設ける。

緑 化：周辺環境に合うようにポンプ場周りを植樹する計画とする。

場内道路：アスファルト舗装とする。道路幅員は進入動線の確保及び維持管理動線、作業性を考慮し 4.0mを確保する。なお、セルビア国の”Official Gazette No. 8/95 Regulation on technical standards for access roads, plateau and turntable for fire trucks nearby objects with higher risk of fires”では最小の道路幅を 3.5m としている。

場内排水：道路排水管を設け、雨水を既設の雨水きよに流下させる。

構 造 物：ポンプ場流入部は硫化水素が発生する可能性が高い事から防食対策を講じる。なお、様々な環境下における鉄筋コンクリート構造物の仕様については、Eurocode-2 “Concrete structure”に準じ、それぞれの環境に応じた対策を講じる。

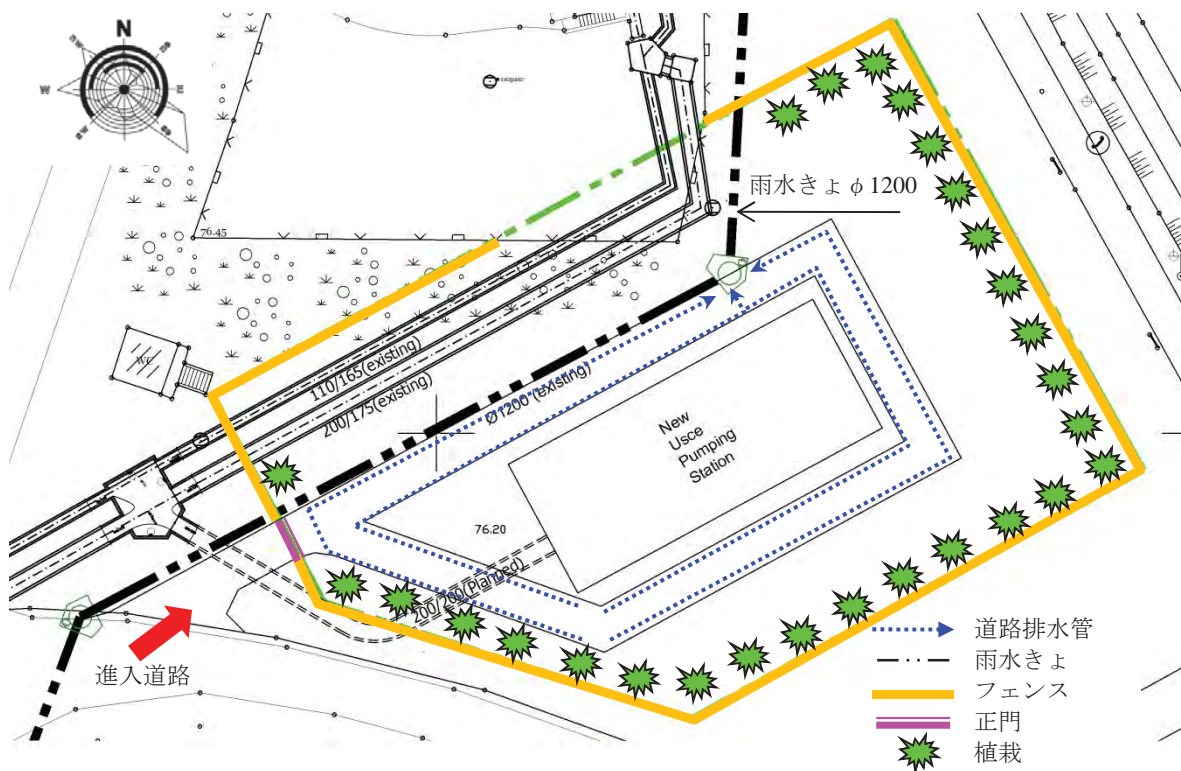


図 5.9 New Ušće ポンプ場の場内整備図

5.2.3 Mostar ポンプ場の施設改善計画

(1) Mostar ポンプ場施設の診断

Mostar ポンプ場の現状を評価するために以下に挙げる診断を実施した。

- 外観診断
- ポンプ設備の短時間の試運転
- 操作員に対するヒアリング調査
- 書類の分析
- 交換部品の入手可能性

Mostar ポンプ場の建屋・設備の評価及び改築・更新に必要な工事内容を表 5.5 及び表 5.6 に、ポンプ場の状況を表 5.7～表 5.10 にそれぞれまとめる。

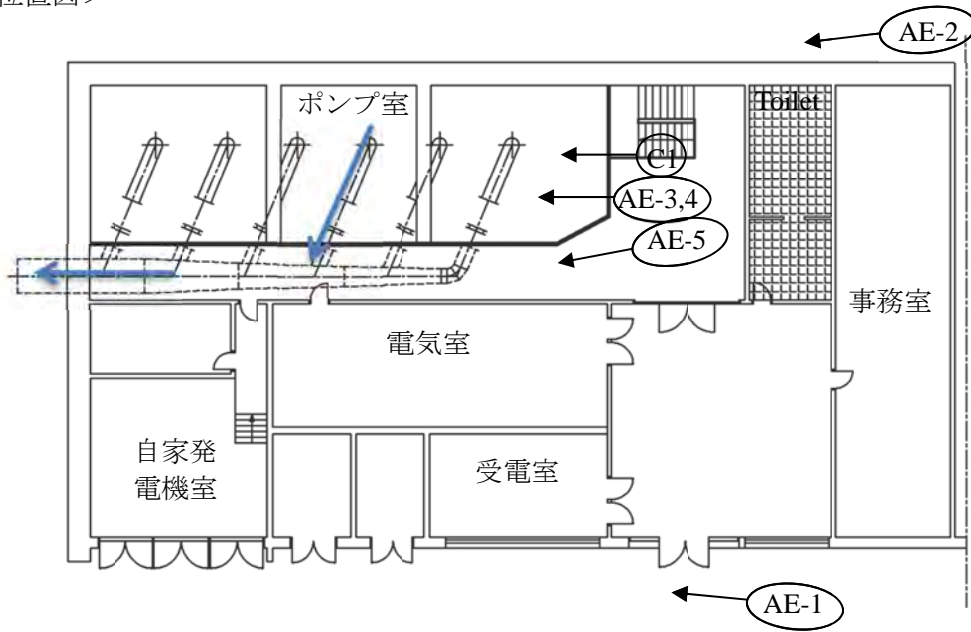
表 5.5 建屋の評価

項目	評価	必要な工事内容
コンクリート構造物	<p>汚水がポンプ場に流入しないように、流入渠で止水栓により汚水を阻止している。以上から、土木構造物のコンクリートは腐食性ガスに露出している状態ではない。また、ポンプ井はコンクリートのひび割れ防止のために常に水が張られているため、コンクリートに深刻な損傷は見受けられない。しかしながら、詳細設計時にコンクリートの劣化状況を評価するために、コアサンプルの採取・分析によるコンクリート診断の実施を推奨する。高湿度によりコンクリート内部が腐食している可能性があることから、コンクリートの状態の評価及び改築工事の必要性を判断するためには、コンクリート診断が唯一の方法である。また、汚水と接する流入渠、流入水路及びポンプ井に対しては、コンクリートの腐食を防止するため耐硫酸塩の防食塗装も推奨される。</p> <p>建築構造物のコンクリートには全く損傷は見受けられない。しかし、建屋の仕上げについては改築・更新工事が必要とされる。タイル仕上げとプラスター仕上げはひび割れが目立つ状態である。屋根防水は経年劣化している。ポンプ井の手摺りは腐食している。ドア、シャッター及びカバー等の建具は錆びついている。詳細設計時に圧送管の铸铁管の劣化状況を評価するため、テレビカメラによる検査の実施が推奨される。検査結果を踏まえて、適切な機能を回復するために、ピグ洗浄による配管清掃等の必要な対策を決定する必要がある。</p>	<p>コンクリート診断</p> <ul style="list-style-type: none"> - 流入渠 - 流入水路 - ポンプ井 <p>テレビカメラ検査</p> <ul style="list-style-type: none"> - 圧送管 (口径700 mm x 2 条) <p>耐硫酸塩の防食塗装</p> <ul style="list-style-type: none"> - 流入渠 - 流入水路 - ポンプ井 <p>改築・更新が必要な仕上げ</p> <ul style="list-style-type: none"> - タイル仕上げ プラスター仕上げ - 防水 - 手摺り - 建具(ドア、シャッター、カバー)
建築設備	<p>照明設備の一部及び換気設備はポンプ場が運用されていないことから、機能しない状態で放置されている。運転操作員室の空調設備は陳腐化している。水道・下水道を含む衛生設備の取付具も交換が必要とされる。運転操作員はポンプ場に隣接する事務所の建築設備を利用することは可能である。しかし、ポンプ場の更新工事後は、運転・維持管理のために適切な作業環境を整備するため、ポンプ場の建築設備の機能回復が必要とされる。</p>	<p>改築・更新が必要な設備</p> <ul style="list-style-type: none"> - 照明設備 - 換気設備 - 空調設備 - 衛生設備

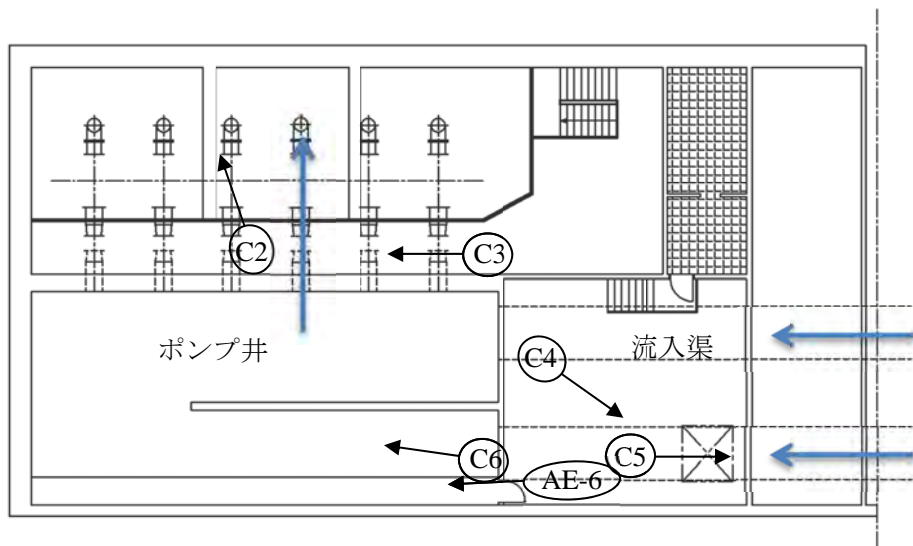
表 5.6 設備の評価

項目	評価	必要な工事内容
機械設備	<p>ポンプ設備は設備の状態確認及び適切な維持を目的として、汚水を揚水しない状態で短時間の試運転を定期的に行っている。しかし、ポンプ設備は本来の目的のために実運転はされていないことから、ポンプのオーバーホールは行われていない。ポンプケーシング内部のインペラーをハンドホールから目視検査を実施した結果、腐食による深刻な損傷が見受けられた。また、既設ポンプの交換部品の製造は終了しており、もう既に供給されていない状況であることが供給業者から確認された。運転操作員は交換部品なしでは適切なメンテナンスを行うことができないことから、信頼性のある施設運用はできない。吐出弁及び吸込弁は完全止水することができないことから、配管内部で漏れが生じている。また、逆止弁についても発錆により円滑に作動しない状態である。ポンプ設備の維持管理用のクレーンは、長期間使用されていないことから、安全性の面で使用すべきではない。よって、以上の劣化状況、機能性及び維持管理面を考慮すると、ポンプ場として効率的で信頼性のある運転を取り戻すためには、これらの設備の更新は不可欠である。</p>	<p>改築・更新が必要な設備</p> <ul style="list-style-type: none"> - ポンプ：6 台 - 吐出弁：6 台 - 逆止弁：6 台 - 吸込弁：6 台 - クレーン：1 台 - 配管類：1 式
電気設備	<p>ポンプ盤はポンプの試運転のために定期的使用されている。自家発電設備においても設備の状態確認及び適切な維持を目的として、無負荷の状態で短時間の試運転を定期的に行っている。変圧器においては変圧器が電力会社の所有物であることから、変圧器の維持管理は電力会社により実施されている。ポンプ盤を含む電気設備は使用可能である。しかしながら、摩耗及び発錆が著しい状況である。また、電気設備の陳腐化により、ポンプ設備と同様に交換部品が市場から調達できない状況である。ポンプ場の更新後は既存の電気設備能力では足りないことが想定されている。以上の劣化上状況、維持管理面及び設備能力不足を考慮すると、更新される機械設備を適切に運転するためには、これらの設備の更新は必要である。</p>	<p>改築・更新が必要な設備</p> <ul style="list-style-type: none"> - 発電機：2 台 - 変圧器：2 台 - 電気盤：1 式 - 付帯設備：1 式

<撮影位置図>



Ground Floor



B-1 Floor

図 5.10 撮影位置図

表 5.7 土木施設の状況

C-1: ポンプ室上部	C-2: 壁面
	
C-3: ポンプ室床	C-4: 流入渠上部
	
C-5: 流入渠	C-6: ポンプ井
	

表 5.8 建築設備の状況

AE-1: 外観(正面)	AE-2: 外観(背面)
	
AE-3: 天井	AE-4: 壁・手すり
	
AE-5: 換気設備・ホイストレール	AE-6: ポンプ井の手すり
	

表 5.9 機械設備の状況

<p>M-1: 揚水ポンプ(ポンプ室)</p>	<p>M-2: ポンプ内部(ポンプ室)</p>
	
<p>M-3: ポンプのインペラ部(ポンプ室)</p>	<p>M-4: ポンプ台座(ポンプ室)</p>
	
<p>M-5: 逆止弁(ポンプ室)</p>	<p>M-6: バルブ類(ポンプ室)</p>
	

表 5.10 電気設備の状況

E-1: 11kV 受電盤(電気室)	E-2: 自家発電機(自家発電機室)
	
E-3: 制御盤 (電気室)	E-4: ゲート制御盤 (屋外)
	
E-5: SCADA システム	E-6: 維持管理センター
	

(2) 自動除塵機の設置検討

維持管理における問題点として施設の運転管理者にヒアリングを実施した。ベオグラード市は合流区域を含むことからゴミが大量に流れ込みポンプの故障の原因になっているため、本ポンプ場に自動除塵機の設置できないかとの要望を受けた。以上から、既存の構造物を条件に自動除塵機の設置の可能性を検討した。詳細な配置検討の結果、図 5.11 に示すように、コンクリート頂盤を改造することでポンプ井への流入水路の上部に自動除塵機が設置できることが確認できた。

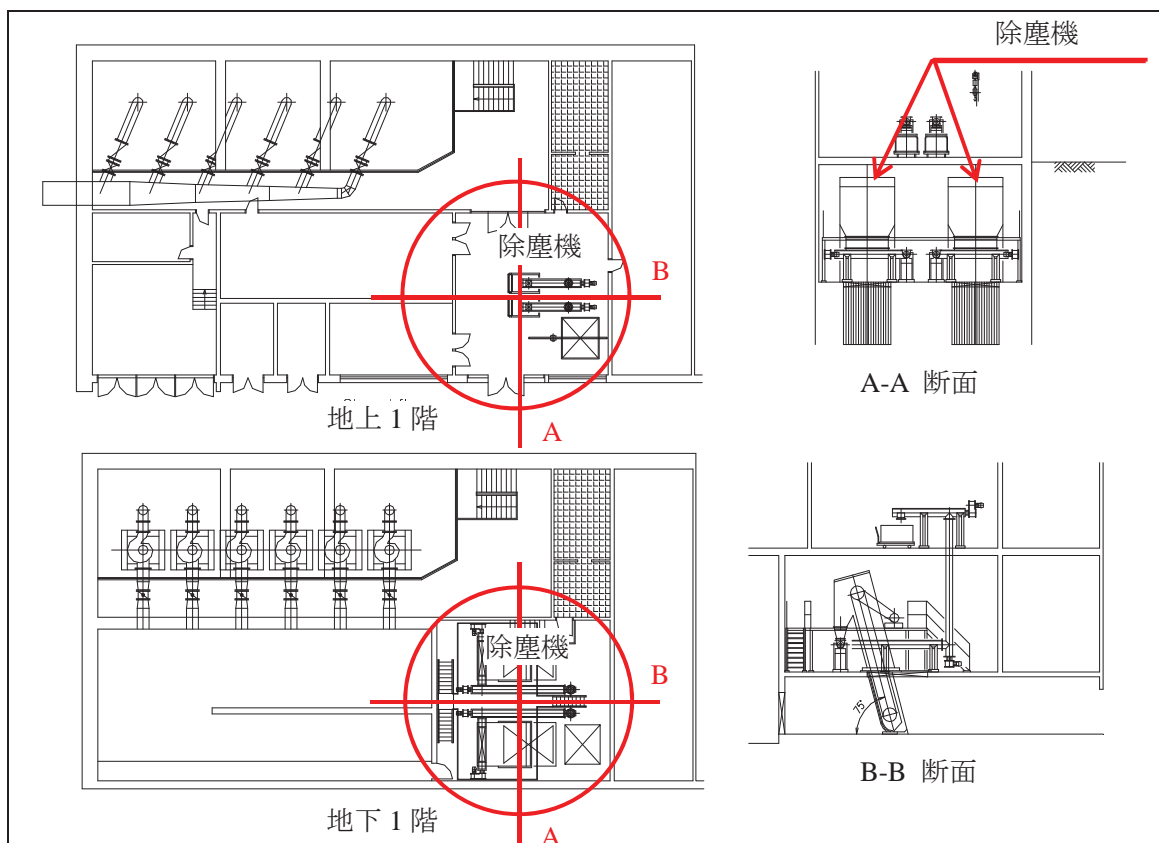


図5.11 自動除塵機の設置図

5.2.4 本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(ポンプ場)

ポンプ場の仕様及び数量を表 5.11 に整理する。

表 5.11 本調査における最適プロジェクトの仕様及び数量(ポンプ場)

名称	種別	主要設備			
		ポンプ設備	除砂設備	除塵機	自家発電機 SCADA
New Ušće PS	新設	新設 (50.2 m ³ /分 x 5 台)	新設	新設	新設
Mostar PS	改築・更新	取替え (42.0 m ³ /分 x 6 台)	—	新設	取替え

6. Veliko Selo 下水処理場の施設計画

Veliko Selo 下水処理場の施設計画は Pre-F/S with M/P により提案されている。本調査では基本的に現在の施設計画を踏襲するものとし、Pre-F/S with M/P 以降開発され普及した新技術の活用による水処理の効率化、省エネルギー施設の実現を目指し、種々のプロセスの検討を行った。

本章では、検討の基礎となる設計諸元の確認、水処理方式の選定、汚泥処理方式の検討、その結果に基づき選定された最適処理方式およびその施設計画について述べる。

6.1 設計諸元

6.1.1 Veliko Selo 下水処理場の概要

Veliko Selo 下水処理場の概要を表 6.1 にまとめる。

表 6.1 Veliko Selo 下水処理場

項目	数値／備考
下水道処理区面積	13,600 ha
排除方法	分流式（一部合流）
計画人口	1,239,000人（2031年）
下水処理場予定地	Veliko Selo北東部
予定地面積	予定地：114 ha（取得済：39 ha）
既存地盤高	平均 72.5m
処理水放流先	ドナウ川（H.W.L.+76.5m）
最終処分形態	脱水ケーキ
最終処分先	Vinca埋立処分地

6.1.2 設計水質

Veliko Selo 下水処理場に適応される計画流入水質及び排水基準を表 6.2 にまとめる。Veliko Selo 下水処理場は、排水基準を満足するために栄養塩類（窒素、リン）が除去できる高度処理の導入が必要となる。

表 6.2 計画水質

水質項目	流入水質	排水基準
BOD ₅	192 mg/l	25 mg/l
COD _{Cr}	385 mg/l	125 mg/l
SS	224 mg/l	35 mg/l
全窒素	35 mg/l	10 mg/l
全リン	8 mg/l	1 mg/l

注記：流入水質は表 2.33 の 2031 年の計画汚濁負荷を表 2.34 の 2031 年の計画日平均水量で除して算定
 排水基準は第 2 章公共用水域に排出される公共下水道処理水の ELV 参照

6.1.3 設計水量

2015 年から 2031 年までの Veliko Selo 下水処理場に流入する汚水量の予測を表 6.3 に示す。

表 6.3 汚水流入予測

	2015年	2021年	2031年
日平均水量	394,000 m ³ /日	409,000 m ³ /日	448,700 m ³ /日
日最大水量	464,000 m ³ /日	474,000 m ³ /日	521,200 m ³ /日
時間最大水量	696,000 m ³ /日	717,100 m ³ /日	788,800 m ³ /日
雨天時汚水量	1,209,600 m ³ /日	1,252,800 m ³ /日	1,341,100 m ³ /日

注記：表 2.33 を参照

6.2 汚水処理方式の選定

汚水処理方式は、排水基準で規定されている水質項目を満足するまで汚濁物質を確実に浄化できる処理プロセスから選定する必要がある。Pre-F/S with M/P では、Veliko Selo 下水処理場における比較代替案の検討の結果、嫌気無酸素好気法（A2O）と砂ろ過からなる汚水処理方式を採用している。Pre-F/S with M/P で選定された汚水処理方式を図 6.1 に示す。

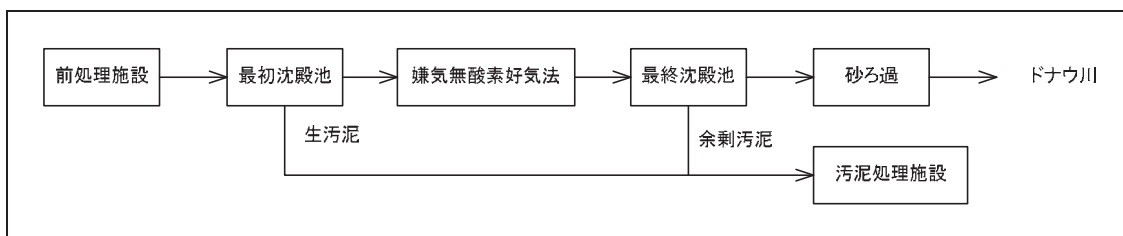


図 6.1 Pre-F/S with M/P の汚水処理方式

本調査では Pre-F/S with M/P では未検討である新技術を考慮し、汚水処理方式の最適化を図

るために効率化、持続性及び環境の観点から以下に挙げるプロセスの代替案の比較検討を行った。これらのプロセスの代替案の比較検討が必要な理由を表 6.4 に示す。

- 二次処理方式の代替案
- ろ過方式の代替案
- 散気方式の代替案

表 6.4 比較検討の必要な理由

項目	必要な理由
二次処理方式	汚水は一次処理施設における沈殿処理後、二次処理施設で活性汚泥により生物処理される。反応タンクと最終沈殿池で構成される生物処理は、有機物及び栄養塩類の除去を行う重要な処理工程である。特に窒素・リンを除去する高度処理に関する汚水処理技術には、担体、膜分離及びステップ流入等の比較的新しい技術がある。以上から、新たに開発された技術を含む二次処理方式の代替案の検討を行うことで、汚水処理方式の最適化を図る。
ろ過方式	汚水は二次処理施設における生物処理後、物理的にろ過処理される。ろ過処理は、処理水を放流水域に放流する前に最終処理する重要な処理工程である。これまでろ過処理には従来の砂ろ過方式のみであった。しかし、現在はディスクろ過器及び繊維ろ過等の比較的新しい技術がある。以上から、新たに開発された技術を含むろ過方式の代替案の検討を行うことで、汚水処理方式の最適化を図る。
散気方式	散気装置は活性汚泥が汚濁物質を除去するために必要な酸素を供給すると共に下水と活性汚泥を混合する。散気装置は汚水処理施設で使用される電力消費量の内、多くの電気を消費すると同時に、活性汚泥法で重要な役割を果たす。超微細気泡散気装置及び水中攪拌機等の比較的新しい技術がある。以上から、新たに開発された技術を含む散気装置の代替案を酸素移動効率、経済性及び維持管理性等を考慮して総合的な見地から検討する。

6.2.1 二次処理方式（栄養塩類の除去プロセス）

Veliko Selo 下水処理場は、排水基準を満足するために栄養塩類（窒素、リン）が除去できる処理プロセスを適用する必要がある。最初に窒素の除去プロセスの原理及び窒素除去の適用処理法を説明する。その後、リンの除去プロセスの原理及びリン除去の適用処理法を説明する。

一般的な下水を対象とした処理方式で採用されている窒素除去は、生物学的除去プロセスである。窒素の除去プロセスの原理を表 6.5 に示す。

表 6.5 窒素の除去プロセス原理

プロセス	説明
生物学的窒素除去	<p>生物学的な窒素除去は硝化反応と脱窒反応を組み合わせ、下水中に含まれている窒素を最終的に窒素ガスまで分解する。アンモニア性窒素は好気条件下で亜硝酸細菌（主として、<i>Nitrosomonas</i>）及び硝化細菌（主として、<i>Nitrospira</i>）により硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に酸化される。これらの硝化反応を化学反応式で表すと以下のようになる。</p> $\text{NH}_4^+ + 1.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$ $\text{NO}_2^- + 0.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ <p>硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は無酸素条件下で脱窒細菌（主として、<i>Pseudomonas</i>、<i>Micrococcus</i>、<i>Achromobacter</i>及び<i>Bacillus</i>など）による硝酸性呼吸及び亜硝酸性呼吸により窒素ガスに還元される。これらの呼吸反応を化学反応式で表すと以下のようになる。</p> $2 \text{NO}_2^- + 3 (\text{H}_2) \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_2\text{O}$ $2 \text{NO}_3^- + 5 (\text{H}_2) \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{OH}^- + 4 \text{H}_2\text{O}$

生物学的窒素除去の原理を利用して排水基準を満足する水質まで窒素を除去することが可能な処理方式は複数存在する。汚水処理方式の分類を図 6.2 に示す。

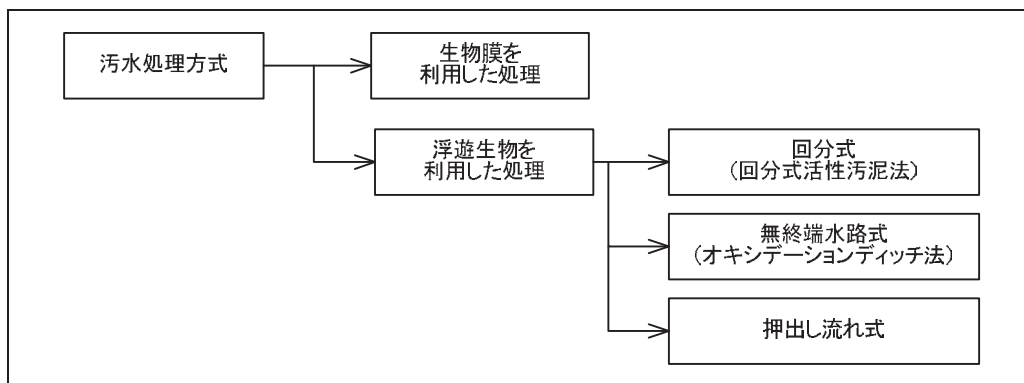
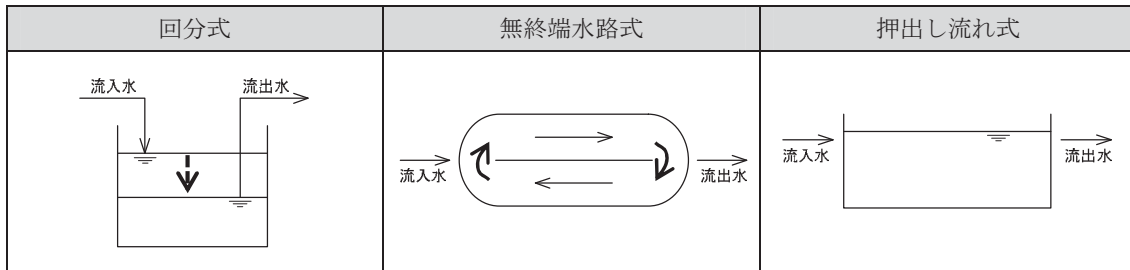


図 6.2 窒素除去機能を有する汚水処理方式の分類

汚水処理方式は、大別して生物膜を利用した処理と浮遊生物を利用した処理に分類される。生物膜を利用した処理は、メディア媒体に付着している微生物を利用して汚濁物質を浄化する。一方、浮遊生物を利用した処理は、水中に浮遊させた状態の微生物を利用して汚濁物質を浄化する。また、浮遊生物を利用した処理は、流方向から表 6.6 に示すように回分式、無終端水路式、押し出し流れ式に分類される。

表 6.6 浮遊生物を利用した処理の分類



これらの汚水処理方式の分類を考慮し、窒素除去が可能な処理方式を以下にまとめる。また、各処理方式の説明を表 6.7 に示す。

- 生物膜法
- 回分式活性汚泥法
- オキシデーションディッチ法（無終端水路式）
- 押し流れ式活性汚泥法

表 6.7 処理方式の原理・特徴

処理方式	説明
生物膜法	生物膜法は、ろ材を充てんした好気ろ床の上部から汚水を流入させ、ろ材間を通過する間に、ろ材の表明に付着した好気性生物による有機物の分解とSSの捕捉を同時に行う処理方式である。硝化細菌の保持が可能であるため、有機物の除去とともに窒素の硝化が期待できる。しかし、脱窒は期待できない。
回分式活性汚泥法	回分式活性汚泥法は、単一の反応タンク（回分槽）に反応タンクと最終沈殿池の機能を持たせ、活性汚泥による反応と混合液の沈殿、上澄水の排水、沈殿汚泥の排泥の工程を繰り返すことで処理する方式である。サイクル中の嫌気・無酸素・好気の運転条件を自由に設定できることから、生物学的な窒素及びリンの除去が可能である。
オキシデーションディッチ法	オキシデーションディッチ法は、機械式エアレーション装置を有する無終端水路を反応タンクとし低負荷で活性汚泥処理を行い、最終沈殿池で固液分離を行うことで処理する方式である。好気時間及び無酸素時間を適切に設定することで良好な窒素除去が可能である。
押し流れ式活性汚泥法	押し流れ式活性汚泥法は、標準的な活性汚泥法であり押し流れにより反応タンクを流下する過程で活性汚泥処理を行い、最終沈殿池で固液分離を行うことで処理する方式である。反応タンクに無酸素槽・好気槽を設け、好気槽で硝化された硝化液を無酸素槽に循環することで、無酸素槽で脱窒細菌により窒素ガスに還元することで窒素除去が可能である。

これらの処理方式のうち、生物膜法、回分式活性汚泥法及び押し流れ式活性汚泥法は Pre-F/S with M/P で既に比較検討がなされ、押し流れ式活性汚泥法を採用している。よっ

て、生物膜法及び回分式活性汚泥法は既に検討がなされているため、本調査では比較検討の代替案に含めない。オキシデーションディッチ法は、基本的に小規模施設を対象とした処理方式であるため、規模を考慮すると Veliko Selo 下水処理場には適切ではない。以上から、Veliko Selo 下水処理場の汚水処理方式は押し出し流れ式活性汚泥法から選定する。

循環式硝化脱窒法は、有機物の生物浄化と生物学的窒素除去を組み合わせた基本となる押し出し流れ式の活性汚泥法である。循環式硝化脱窒法の処理フローを図 6.3 に示す。同処理法では有機物除去と同時に、好気槽における硝化反応と硝化液の循環による無酸素槽における脱窒反応の組合せにより窒素が除去される。

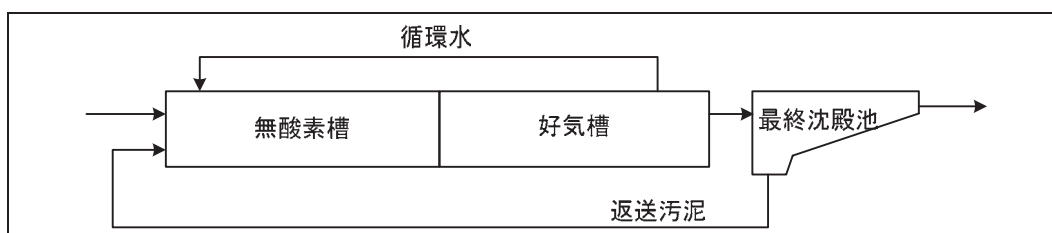


図 6.3 循環式硝化脱窒法の処理フロー

Veliko Selo 下水処理場はリンの除去も必要である。一般的な下水を対象とした処理方式で採用されているリン除去には、生物学的除去プロセスと物理化学的プロセスがある。リンの除去プロセスの原理を表 6.8 に示す。

表 6.8 リンの処理プロセス原理

プロセス	原理
生物学的リン除去	生物学的なリン除去は活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により除去する。微生物は嫌気条件下でリンを放出し、その後の好気条件下で放出した以上のリンを摂取する。汚水中のリン含有率は活性汚泥微生物による摂取により減少し、リンを含む活性汚泥は沈殿池で系外に除去される。なお、嫌気槽を有することからリン除去機能に加えて好気性糸状性細菌の増殖が抑制され、好気性糸状性細菌によるバルキングの抑制にも効果がある。
物理化学的リン除去	物理化学的なリン除去は硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムなどの凝集剤を添加することで除去する。リンは凝集剤と反応して難溶解性の物質に変化する。3価金属イオンと下水中の正リン酸イオンの反応を化学反応式で表すと以下ようになる。 $M^{+3} + PO_4^{3-} \rightarrow MPO_4$ 凝集剤と汚水との混和、プロキュレーションは反応タンク内の流れによって行われ、難溶解性物質の除去は最終沈殿池での固液分離で達せられる。

生物学的窒素除去プロセスの基本となる循環式硝化脱窒法とリン除去プロセスの組合せにより複数の処理方式がある。また、除去性能の向上を目的とした新技術もある。栄養塩類

の除去プロセスの組合せ及び新技术を考慮し、栄養塩類（窒素、リン）の除去が可能な処理方式を以下にまとめる。また、各処理方式の概要、特徴を表 6.9 に示す。

- 凝集剤添加循環式硝化脱窒法（RNDP）
- 嫌気無酸素好気法（A2O）
- 凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法（SFDNP）
- 担体添加活性汚泥法（CAASP）
- 膜分離活性汚泥法（MBR）

表 6.9 栄養塩類(窒素・リン)の除去可能な処理方式の概要と特徴

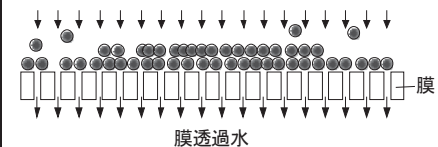
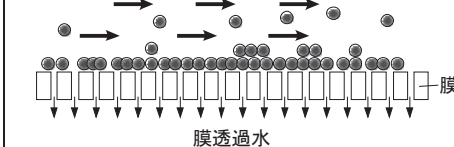
処理方式	概要
凝集剤添加循環式硝化脱窒法（RNDP）	凝集剤添加循環式硝化脱窒法（RNDP）は、生物学的窒素除去と物理化学的リン除去を組み合わせた処理法である。窒素は硝化・脱窒のプロセスにより除去される。リンは硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムなどの凝集剤を添加することで除去される。凝集剤添加を併用した循環式硝化脱窒法は、窒素・リンの同時除去の基本となる処理法である。
嫌気無酸素好気法（A2O）	嫌気無酸素好気法（A2O）は、生物学的窒素除去と生物学的リン除去を組み合わせた処理法である。窒素は硝化・脱窒のプロセスにより除去される。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により除去される。生物学的リン除去プロセスは、雨天時に嫌気状態を保つことが困難なことから不安定になることから、物理化学的リン除去プロセスを予備として設けるのが一般的である。
凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法（SFDNP）	凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法（SFDNP）は、物理化学的リン除去と生物学的窒素除去を組み合わせた処理法である。SFDNPは、窒素除去の効率化を目的に開発された技術であり、無酸素槽と好気槽を複数段（通常2～3）直列に配置させる。各段に下水を均等流入させ、各段の反応タンクの固形物量を等しくすることで、固形物量に対する有機物負荷と窒素負荷を均一化して処理効率の向上を図る。
担体添加活性汚泥法（CAASP）	担体添加活性汚泥法（CAASP）は、微生物を固定化する担体を添加することで、反応タンク内の微生物濃度を高く保持することが可能である。微生物濃度を高くすることで水理的滞留時間を短縮することが可能である。CAASPは、一般的に比較的長い水理的滞留時間と固形物滞留時間を必要とする生物学的窒素除去プロセスに適用される。担体は反応タンクに留まることから担体に固定化された硝化細菌により安定的な硝化反応が達せられる。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により生物学的に除去する。
膜分離活性汚泥法（MBR）	膜分離活性汚泥法（MBR）は、反応タンク内部に設置される膜ユニットにより処理水と活性汚泥の固液分離を直接行う。物理的な固液分離方法によりMLSS濃度を8,000 mg/lから15,000 mg/lと高く維持できるため、水理的滞留時間を短縮することが可能である。処理水は浮遊物質を含まないことから従来の処理方式と比較して良好な水質が得られる。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により生物学的に除去する。

凝集剤添加循環式硝化脱窒法と凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法は、共に生物学的窒素除去と物理化学的リン除去を組合せた処理法である。ステップ流入式多段硝化脱窒法は、以下に挙げるステップ流入式多段硝化脱窒法の長所及び環式硝化脱窒法の短所を考慮すると、ステップ流入式多段硝化脱窒法がより優位な代替案であることから、ステップ流入式多段硝化脱窒法を代替案として抽出する代わりに、循環式硝化脱窒法は代替案に含めない。

- ステップ流入式多段硝化脱窒法の窒素除去率（75-85%）は循環式硝化脱窒法の窒素除去率（65-75%）と比較して優れる
- 循環式硝化脱窒法は硝化液の循環が必要な一方で、ステップ流入式多段硝化脱窒法は除去率が高いにも関わらず内部循環を必要としない
- 循環式硝化脱窒法はポンプによる循環水の確保により多くのエネルギーを消費することから、ステップ流入式多段硝化脱窒法のエネルギー消費は少ない
- ステップ流入式多段硝化脱窒法は固形物量に対する汚濁負荷を均一化されることから同条件で運転することが可能であり運転管理が容易である
- 反応タンク内で流れ方向に対して各種水質項目及び反応速度の勾配が生じるため調整が必要であることから運転管理が複雑である
- ステップ流入式多段硝化脱窒法はステップ流入により反応タンクの MLSS 濃度を高く保持することが可能であることから、反応タンクの容量を縮小できる

膜分離活性汚泥法の概要を表 6.10 に示す。

表 6.10 膜分離活性汚泥法の概要

項目	概要		
膜の種類	膜処理技術は、膜を介して圧力差や濃度差、電位差等の推進力により物質を分離する技術である。膜は以下のように分類される。		
	膜の種類		
	膜の種類	分離対象	操作圧
	精密ろ過（MF）	粒子径：0.01～10nm	～数 100kPa
	限外ろ過（UF）	分子量：1,000～200,000	数 10kPa～数 100kPa
	ナノろ過（NF）	分子量：200～1,000	数 100kPa～数 MPa
	逆浸透（RO）	分子量：～350	数 MPa～数 10MPa
ろ過方式	膜処理におけるろ過方式を以下に示す。		
	ろ過方式の種類		
	全量ろ過	クロスフローろ過	
			

項目	概要					
	全量ろ過では、膜で阻止されたものが膜に付着し、ろ過とともに付着物が蓄積するため、一定時間ごとに必ずろ過を中止して、累積した付着物の層を除去しなければならない。	クロスフローろ過では、膜表面に平行な流れで常に膜表面を洗浄させながらろ過する。ろ過と付着物の除去を平行して連続運転ができ、かつ、ろ過速度を高くできる。しかし、供給水量が大きくなることから、全量ろ過と比較してエネルギー消費が大きくなる。				
洗浄方式	<p>膜の性能変化には、劣化とファウリングがある。劣化は、膜そのものの変化で生じる不可逆的な膜の性能の変化を意味し、ファウリングは、膜の表面や流路に付着物質が堆積することによる膜の見かけ上の性能変化を意味し、膜モジュールの流路閉塞も含まれる。ファウリングによる性能変化は、膜の洗浄操作により回復する場合が多い。</p> <p style="text-align: center;">膜の洗浄方式</p> <table border="1" data-bbox="405 801 1348 1055"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 801 879 842">物理洗浄</th> <th data-bbox="879 801 1348 842">薬品洗浄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 842 879 1055">物理洗浄には、逆圧洗浄、空気洗浄、ブラッシング洗浄等があり、これらを単独または併用して洗浄を行う。</td> <td data-bbox="879 842 1348 1055">膜ろ過を継続していると、洗浄しきれない目詰まり物質が膜表面ないし膜内部に蓄積してくる。これらを除去し、膜性能を回復させるため、酸や塩素を使用して薬品洗浄が実施される。</td> </tr> </tbody> </table>		物理洗浄	薬品洗浄	物理洗浄には、逆圧洗浄、空気洗浄、ブラッシング洗浄等があり、これらを単独または併用して洗浄を行う。	膜ろ過を継続していると、洗浄しきれない目詰まり物質が膜表面ないし膜内部に蓄積してくる。これらを除去し、膜性能を回復させるため、酸や塩素を使用して薬品洗浄が実施される。
物理洗浄	薬品洗浄					
物理洗浄には、逆圧洗浄、空気洗浄、ブラッシング洗浄等があり、これらを単独または併用して洗浄を行う。	膜ろ過を継続していると、洗浄しきれない目詰まり物質が膜表面ないし膜内部に蓄積してくる。これらを除去し、膜性能を回復させるため、酸や塩素を使用して薬品洗浄が実施される。					

膜分離活性汚泥法は、以下に挙げる短所から比較検討の代替案に含めない。

- 膜モジュールの価格が安価になりつつあるが、初期投資は依然として非常に高価である
- 膜モジュールは膜の劣化により定期的な交換が不可欠であることから保守管理費が非常に高価である
- 膜の空気洗浄及び高濃度 MLSS の内生呼吸に必要な酸素量の増加によりエアレーションの空気量が多く、運転経費が割高になる
- 膜の透過速度に物理的な限界があるため設計水量以上を通水することができない（Velko Selo 下水処理場の処理区域の一部は合流式であることから、雨天時の対応で支障を来す可能性がある）
- 膜モジュールは定期的に酸や塩素を使用して薬品洗浄をする必要がある
- 膜分離活性汚泥法は基本的に敷地条件に厳しい制約がある施設に適用される処理法である

6.2.2 汚水処理方式の代替案

(1) 代替プロセス

上述から比較検討の対象として抽出された汚水処理方式の代替案を以下にまとめる。また、

比較代替プロセスの処理フローを図 6.4 に示す。

- 嫌気無酸素好気法 (A2O)
- 凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法 (SFDNP)
- 担体添加活性汚泥法 (CAASP)

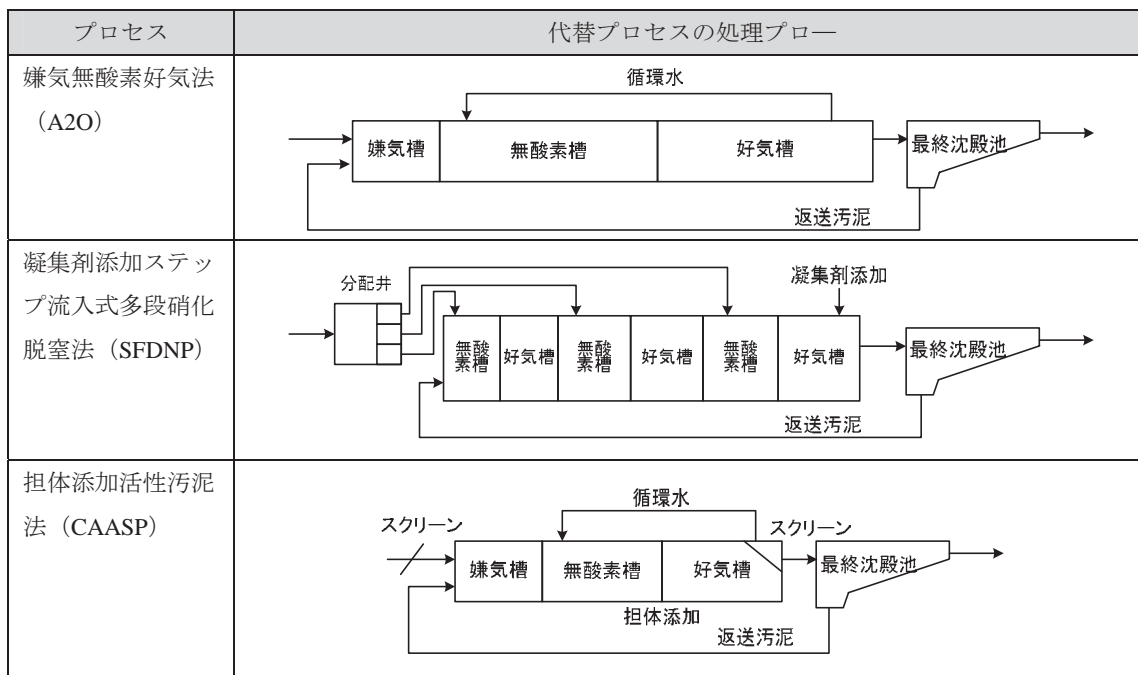


図 6.4 代替プロセスの処理フロー

(2) リンの除去

嫌気無酸素好気法及び担体添加活性汚泥法は生物学的にリンを除去する一方で、凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法は物理化学的にリンを除去する。生物学的リン除去は、雨天時に不安定になる。以上から、安定したリン除去のために凝集剤の注入設備を生物学的除去プロセスの予備として設けるのが一般的である。

凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法は、リン除去のために常時、凝集剤の添加が必要である一方で、嫌気無酸素好気法及び担体添加活性汚泥法は生物学的リン除去が降雨により不安定な時のみ凝集剤の添加が必要になる。ベオグラード市の降雨量が 10mm 以上の降雨日数を表 6.11 に示す。

表 6.11 ベオグラード市の降雨日数 (10mm 以上)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
1	1	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	21日

出典：Republic Hydrometeorological Service of Serbia

代替案の比較検討では、嫌気無酸素好気法及び担体添加活性汚泥法に対して、降雨量が10mm以上になると凝集剤の添加が必要となると想定する。また、降雨の影響は降雨後も続き、生物学的リン除去プロセスの回復には一般的に数日を有する。以上から、10mm以上の降雨後の3日間において凝集剤の添加を継続すると想定する。

以上から、凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法では、常時の添加を前提に凝集剤の費用を算定し、維持管理費に加える。一方、嫌気無酸素好気法及び担体添加活性汚泥法では、降雨から凝集剤の添加が必要な日数を前提に凝集剤の費用を算定し、維持管理費に加える。

6.2.3 嫌気無酸素好気法の技術的特徴

(1) 処理原理

嫌気無酸素好気法は、生物学的リン除去プロセスと生物学的窒素除去を組み合わせた処理法で、活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象及び硝化脱窒反応を利用するものである。本法では、反応タンクを嫌気槽、無酸素槽、好気槽の順に配置し、流入水と返送汚泥を嫌気槽に流入させる一方、硝化液を循環ポンプによって好気槽から無酸素槽へ循環させるプロセスである。本法の基本的な処理フローを図6.5に示す。また、表6.12に各プロセスの反応を示す。

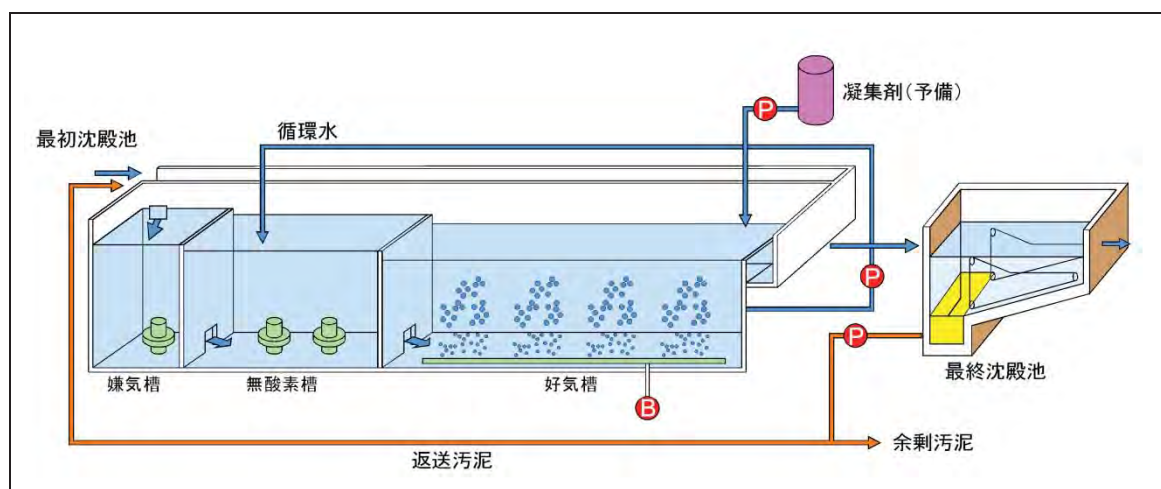


図 6.5 嫌気無酸素好気法の処理フロー

表 6.12 嫌気無酸素好気法の各槽内における反応

嫌気槽	無酸素槽	好気槽
<ul style="list-style-type: none"> ➤ リンの放出 ➤ 嫌気状態で有機物を低級脂肪酸に分解 ➤ 有機物をPHA（ポリヒドロキシ脂肪酸）として細胞内に貯蔵 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 流入水中のBODを水素供与体として、硝酸性窒素を窒素ガスに還元 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 蓄積したPHAを分解してリンの取り込み ➤ 有機性窒素をアンモニア性窒素に酸化 ➤ アンモニア性窒素を硝酸性窒素に酸化

(2) 特徴及び留意点

平均的な流入水の場合、反応タンク流入水に対する T-N の除去率は 60-70%程度、T-P 除去率は 70-80%程度が期待できる。

好気槽では、流入するアンモニア性窒素が亜硝酸性窒素もしくは硝酸性窒素に酸化され、無酸素槽では脱窒細菌により硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は窒素ガスに還元される。本法は、無酸素槽において流入水中の有機物を水素供与体として利用する点に特徴がある。また、硝化液を無酸素槽に循環することによって、硝化工程で消費されたアルカリ度の一部を脱窒により回復できる。

本法のリン除去量は、余剰汚泥量と余剰汚泥のリン含有率により定まる。これらは流入下水中の有機物/リン比 (BOD/T-P)、SRT、BOD-SS 負荷等互いに不可分なプロセス制御因子に影響される。一般的に本法では硝化菌の系内保持のために必要な ASRT(好氣的汚泥滞留時間)を長く保つ必要があるため、リンの除去率は嫌気好気法と比較して低い傾向にある。また、雨水による溶存酸素の持ち込みや有機物濃度の低下により、嫌気槽でのリン放出が不十分になる場合がある。放流水のリン濃度をより安定に確保するために、補完的設備として凝集剤添加設備を設ける場合が多い。

本法の留意点を以下に挙げる。

- 流入水中の有機物は嫌気槽におけるリン除去に利用されるので、最初沈殿池での必要以上の除去はリン除去に対してマイナスになる。
- 生物反応の促進及び汚泥の堆積防止のため、嫌気槽・無酸素槽は攪拌装置を設置する。
- 硝化液を循環するためのポンプ設備が必要である。
- 無酸素槽と好気槽の仕切壁は混合液の逆流をできるだけ抑える構造とし、無酸素槽は無酸素状態が維持できるようにする。
- 嫌気槽・無酸素槽ではスカムの発生がみられるので、発生したスカムを破碎することが必要である。

- 最終沈殿池の汚泥ピットの上においてスカムの発生や脱室に伴う汚泥の浮上が見られるので、スカムの流出による処理水質の悪化等を防止するためにスクラム除去装置を設ける。
- 汚泥処理工程において余剰汚泥が嫌気状態におかれると、活性汚泥微生物により摂取されたリンが再放出される。

6.2.4 ステップ流入式多段硝化脱窒法の技術的特徴

ステップ流入式多段硝化脱窒法は、一般の都市下水を対象とした活性汚泥法を用いた生物学的窒素除去法の応用例である。脱窒タンク・硝化タンクのユニットを多段化し、各脱窒タンクの流入水を等分配することにより、以下の優位性が得られる。

- 高い窒素除去率
- 反応タンク容量の縮小
- 維持管理の容易性

多段化した脱窒タンク・硝化タンクにステップ流入させる処理方式を適用した実績は既に存在する。しかし、ステップ流入比及び反応タンクの容量等の設計因子を設定するためには、流入水質及び水温等の与条件を考慮する必要がある、施設の設計及び運転を最適化することは複雑である。ステップ流入式多段硝化脱窒法は、体系化して流入水の分配比及び反応タンクの容量比の最適化を図った処理方式である。基本処理フローは以下の要件を満たすものとし、処理フローを図 6.6 に示す。

- 脱窒タンク・硝化タンクのユニットを複数段直列に配置する。各タンクは原則として隔壁により独立した完全混合型のタンクとする。
- 反応タンクの流入水を各脱窒タンクへ等量ずつステップ流入される。
- 各段に保持される固形物量が等しくなるように各反応タンクの容量を設定する。

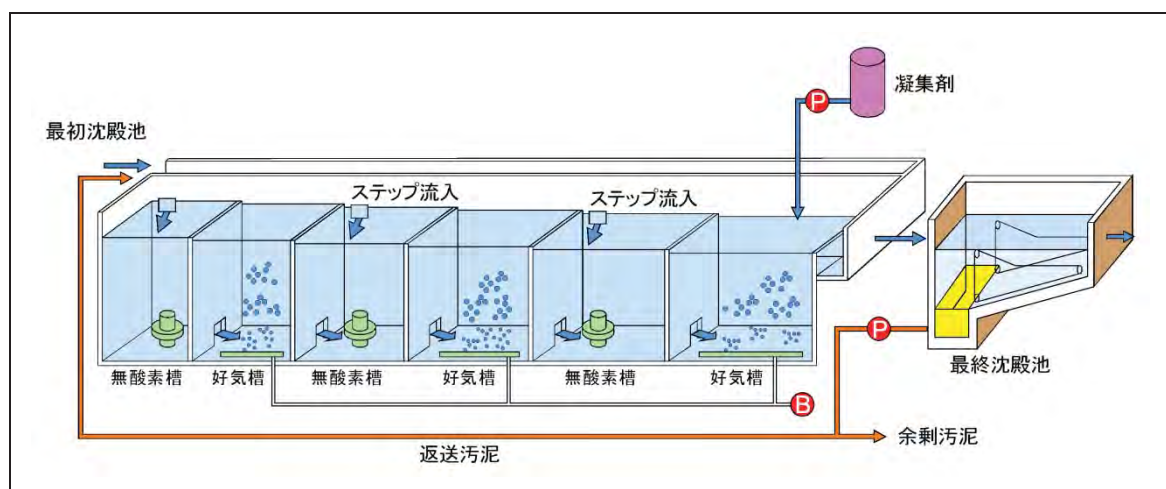


図 6.6 ステップ流入式多段硝化脱窒法の処理フロー

(1) 高い窒素除去率

生物学的窒素除去法では、硝化・脱窒、余剰汚泥としての系外排出という2つの過程により窒素は除去される。このうち、余剰汚泥としての除去量は、同程度の負荷条件およびASRTでの運転であれば、ステップ流入式多段硝化脱窒法と循環式硝化脱窒法などの他の生物学的窒素除去法との間に大きな違いはない。一方、硝化・脱窒による窒素除去については、循環式硝化脱窒法に比べて高い除去率を得ることができる。

ステップ流入式多段硝化脱窒法における反応タンクへ流入した窒素の処理工程を図6.7に示す。最終段よりも上流の各脱窒タンクへ流入した窒素は、後続の硝化タンクで全量が $\text{NO}_3\text{-N}$ へ変換された後、次段の脱窒タンクに流入し、 N_2 ガスとして大気へ放出される。最終段の脱窒タンクへ流入した窒素は、後続の硝化タンクで全量が $\text{NO}_3\text{-N}$ へ変換された後、一部は返送汚泥として返送され最初の脱窒タンクに流入し、 N_2 ガスとして大気へ放出される。残りは $\text{NO}_3\text{-N}$ として処理水中に残存する。

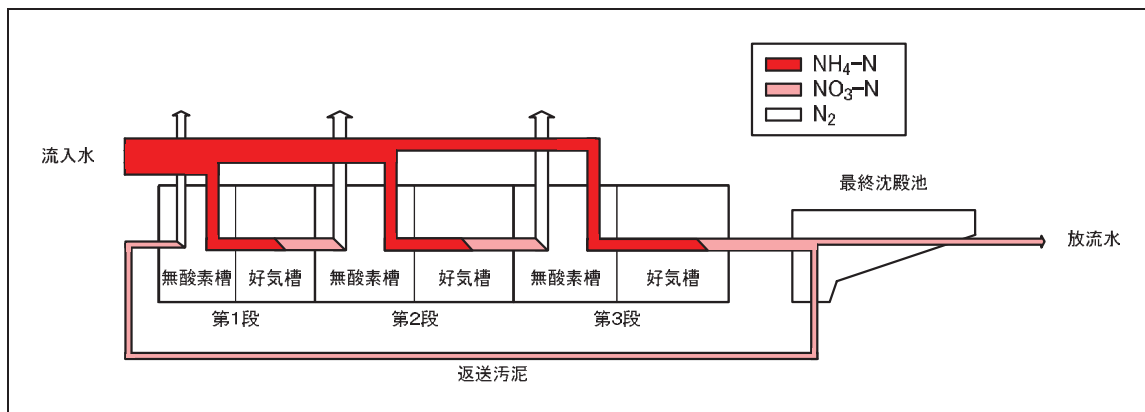


図 6.7 ステップ流入式多段硝化脱窒法の処理工程

以上より、窒素除去率は段数及び返送汚泥比に依存する。返送汚泥比を0.5とした場合の理論窒素除去率を表6.13に示す。

表 6.13 理論窒素除去率

処理法	段数	循環比	返送汚泥比	窒素除去率
循環式硝化脱窒法	1	100%	50%	60%
	1	150%	50%	67%
ステップ流入式多段硝化脱窒法	2	0%	50%	67%
	3	0%	50%	78%
	4	0%	50%	83%

(2) 反応タンクの容量の縮小

ステップ流入式多段硝化脱窒法では、各段へ流入水量を分割して供給するため、各段での実流量は後段で行くほど増加する。以上から、各段の MLSS 濃度は前段ほど高くなる。返送汚泥比を 0.5、段数を 3 段とした場合、各段の MLSS 濃度比は 1.8:1.3:1.0 となる。最終沈殿池での固液分離に影響するのは最終段の MLSS 濃度であり、上段における MLSS 濃度はこれよりも高くなるので、その分反応タンク容量を縮小することが可能である。

(3) 維持管理の容易性

ステップ流入多段硝化脱窒法では、各段の脱窒タンク・硝化タンクをそれぞれ 1 つの完全混合タンクとするため、従来の押し出し流れ型反応タンクで見られるような流れ方向での各種水質項目及び反応速度の勾配は生じない。したがって、各タンクでの処理状況の把握が容易となる。また、各段で等量の固形物に対して等量の流入水が供給されるため、各段の固形物当りの負荷が等しくなる。したがって、各段を同条件と見なした運転管理が可能となり、各段を個別に管理する煩雑さが解消される。例えば、各硝化タンクでの必要酸素量は等しくなることから、各タンクに同一能力の散気装置を設置すれば、全硝化タンクの DO 管理制御を一括して行うことが可能である。

6.2.5 担体添加活性汚泥法の技術的特徴

(1) 担体の種類

担体添加活性汚泥法は、微生物を保持した担体を反応タンクに添加することにより、タンク内の微生物濃度を高めることが可能である。微生物の固定化方法には図 6.8 に示す 2 法に分類される。また、本法の基本的な処理フローを図 6.9 に示す。

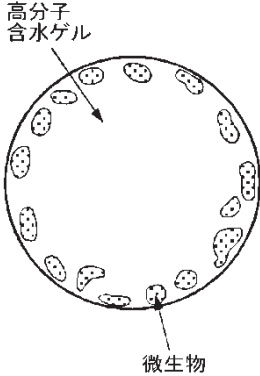
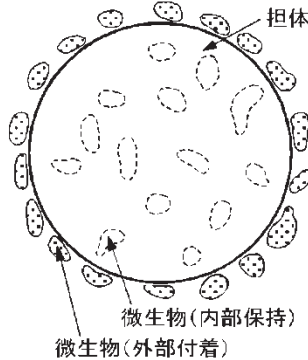
包括固定化方法	結合固定化方法
	
<p>微生物をゲルの微細な格子構造内に取り込み包括する方法</p>	<p>水に不溶性の担体に微生物を付着または保持させる方法</p>

図 6.8 微生物固定化の模式図

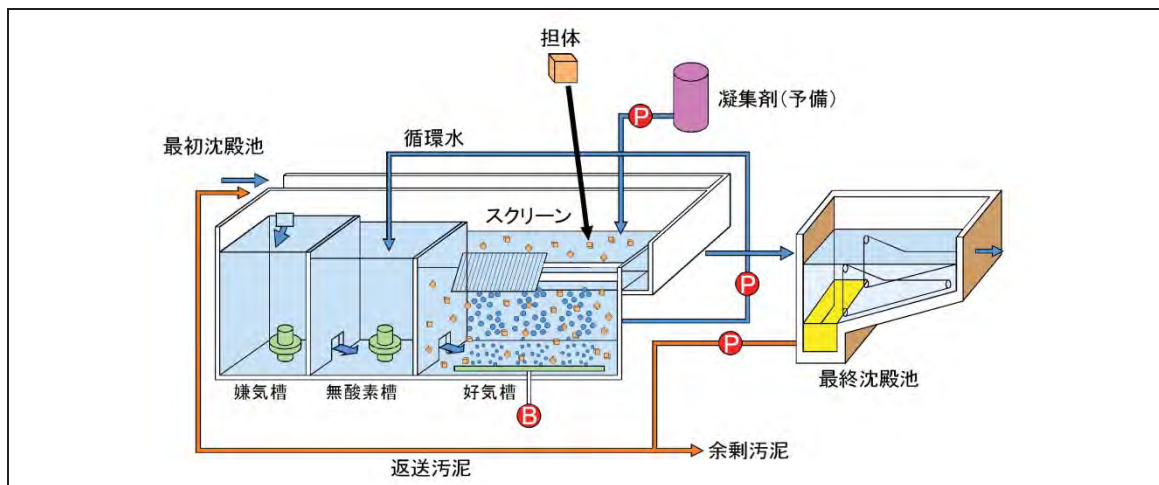


図 6.9 担体添加活性汚泥法の処理フロー

(2) 担体添加活性汚泥法の優位性

担体添加活性汚泥法の優位点を表 6.14 に示す。

表 6.14 担体添加活性汚泥法の優位点

項目	内容
高窒素負荷処理	担体の添加により、系内の硝化細菌または硝化細菌と脱窒細菌が高濃度に保持でき、その結果、高窒素負荷処理が可能となる。
省容量、省スペース	高窒素負荷処理が可能となるため、従来の浮遊生物型の生物学的窒素除去プロセスと比較して、処理施設の省容量化および省スペース化が可能となる。
安定した高い窒素除去性能	担体添加量の調整により、窒素負荷量に見合った硝化細菌を担体により高濃度に保持できるため、安定した窒素除去性能が得られる。
ASRT管理の簡易性	硝化細菌の担体への固定化によりASRTの管理が容易となる。
流量変動対策	日間の流量変動比が2-3までの範囲であれば安定した処理性能が確保される。

(3) 担体添加活性汚泥法の運転管理

担体添加活性汚泥法の施設の運転管理は、従来の浮遊生物を利用した活性汚泥法における通常の運転管理、水質管理に加え、担体を添加することによるものが付加される。表 6.15 に運転管理上の要求事項をまとめる。

表 6.15 担体添加活性汚泥法の運転管理

項目	要求事項
水質管理	本法は通常の標準活性汚泥法の水質管理に加え、窒素、リン除去に関する水質項目などについても管理を行う必要がある。
	本法は雨天時には流入水の濃度低下や滞留時間の減少によってリン除去効果が低下する傾向があるため、注意が必要である。
	循環比は目標窒素除去率、循環量などを考慮し、プロセスの運転状況に応じて設定する。
反応タンクの運転管理	嫌気槽・無酸素槽では酸化還元電位（ORP）をできるだけ低く保つようしなければならない。
	本法は従来よりも高いBOD-SS負荷で運転できるが、脱窒やリン除去も考慮して、MLSS濃度を適切に管理する必要がある。
	流入部スクリーンの定期的な点検を行う必要がある。
	嫌気槽・無酸素槽の攪拌機に付着したきょう雑物を定期的に除去し、攪拌能力の低下を防止する必要がある。
	同法の嫌気槽では標準活性汚泥法よりスカムが多くいと考えられるため、適切な除去が必要である。
	好気槽の溶存酸素が不足すると有機物の分解や硝化が抑制され、溶存酸素が過剰な場合には循環により無酸素槽に溶存酸素が供給され脱窒を阻害するため、溶存酸素濃度は3.0-4.0mg/l程度で管理する必要がある。
	担体の摩耗量を定期的に管理し、必要に応じて補充する必要がある。

6.2.6 汚水処理方式代替案の比較

初期投資、維持管理費及び大規模更新費を含む経済性を比較するために各処理方式の代替案で汚水処理施設の基本計画を策定した。また、発生汚泥量及びエネルギー使用量等の環境・社会配慮の観点からも優位性を評価した。

汚水処理方式の比較表を表 6.16 に示す。比較の結果、以下に挙げる優位性により凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法（SFDNP）を推奨する。

- SFDNP は固形物量に対する汚濁負荷を均一化されることで各段の無酸素槽・好気槽を同条件で運転することが可能であることから運転管理が容易である。
- 内部循環なしにA2Oと比較して高い窒素除去率が得られる。
- 他処理法と比較して安定したリン除去率が得られる。
- A2Oの運転管理は窒素及びリンを除去する微生物が共存できる状態を維持することが必要であることから複雑である。
- 生物学的に除去されたリンは嫌気性消化槽で再度放出されやすい。

- 嫌気性消化による返流水に含まれる窒素の増加を考慮すると A2O は循環比に限度があるため、窒素の排水基準の確保が困難になる。
- A2O と比較して水理的滞留時間が短くできるため、SFDNP の初期投資は最も安価である。
- SFDNP は現在価値の指標から最も経済的である。

表 6.16 汚水処理方式の比較表 (A2O 法)

嫌気無酸素好気法 (A2O)	
処理フロー	
プロセスの説明	<p>嫌気無酸素好気法 (A2O) は、生物学的窒素除去と生物学的リン除去を組み合わせた処理法である。窒素は硝化・脱窒のプロセスにより除去される。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により除去される。生物学的リン除去プロセスは、物理化学的リン除去プロセスを予備として設けるのが一般的である。</p>
窒素除去	<p>好気槽から無酸素槽への循環比の増加により窒素除去率の向上が図れる。しかし、循環比の増加は循環ポンプの運転経費の観点から限界がある。除去率は65-75%程度が期待できる。</p>
リン除去	<p>生物学的除去プロセスは雨天時に不安定になる。以上から、安定したリン除去のために凝集剤の注入設備を生物学的除去プロセスの予備として設けるのが一般的である。除去率は70-80%程度が期待できる。</p>
運転維持管理性	<p>A2Oの運転管理には、窒素除去効率の確保のために硝化液の循環水量の適切な管理が必要となる。また、リン除去効率の確保のために嫌気度の適切な管理が必要となる。A2Oの運転管理は窒素及びリンを除去する微生物が共存できる状態を維持することが必要であることから複雑である。</p>
運転管理指標	<p>MLSS濃度、固形物滞留時間 (SRT)、循環比、返送汚泥比、嫌気度 (ORP)、活性汚泥の沈降性 (SVI)、溶存酸素濃度 (DO) 及び余剰汚泥の引抜量</p>
優位点	<p>生物学的リン除去及び固形物滞留時間が比較的長いことによる汚泥の自己分解により余剰汚泥量の発生量が他方式と比較して少ない。凝集剤の費用がSFDNPと比較して儉約できる。</p>
不利点	<p>嫌気槽と凝集剤の注入設備の両方が必要である。生物学的リン除去プロセスが雨天時に不安定になる。水理的滞留時間が最も長い。生物学的に除去されたリンは嫌気性消化槽で再度放出されやすい。</p>

	嫌気無酸素好気法 (A2O)
必要空気量	CAASPと比較して空気必要量が少ない。反応タンク内で流れ方向に対して各種水質項目及び反応速度の勾配が生じることから、好気槽の過曝気を防止するため、好気槽への空気の供給量を前段から後段に向けて徐々に減らすことが望ましい。
凝集剤の注入	A2Oは生物学的リン除去が降雨により不安定な時のみ凝集剤の添加が必要になる。以上から、A2Oでは、降雨から凝集剤の添加が必要な日数を前提に凝集剤の費用維持管理費に加える必要がある。
環境・社会配慮	剰汚泥量の発生量が他方式と比較して少ない。エネルギーの消費が多い。
水理的滞留時間	水理的滞留時間：21.3 時間
反応タンク概要	嫌気槽：10mW×9.7mL×6mD×48池 無酸素槽：10mW×68.0mL×6mD×48池 好気槽：10mW×60.8mL×6mD×48池
設備概要	攪拌機：嫌気槽及び無酸素槽 散気装置：好気槽 循環ポンプ：硝化液の循環 送風機：散気装置への空気供給
初期投資	土木工事：44.23 百万EUR 設備工事：38.55 百万EUR 合計：82.78 百万EUR (122%)
維持管理費	電力費：3.42 百万EUR/年 (電気量：42.7 MW/年、単価：0.08 EUR/kW) 薬品費：0.27 百万EUR/年 (凝集剤：2,050 ton/年、単価：0.08 EUR/ton) 保守管理費：0.46 百万EUR/年 合計：4.15 百万EUR/年 (91%)
現在価値	105.47 百万EUR (112%)
評価	優位性：中

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.16 汚水処理方式の比較表 (SFDNP 法)

凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法 (SFDNP)	
処理フロー	
プロセスの説明	<p>凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法 (SFDNP) は、物理化学的リン除去と生物学的窒素除去を組み合わせた処理法である。SFDNPは、窒素除去の効率化を目的に開発された技術であり、無酸素槽と好気槽を複数段 (通常2~3) 直列に配置させる。</p>
窒素除去	<p>ステップ流入により各段の有機物負荷・窒素負荷を均等化することで、高い窒素の除去率が得られる。循環水の確保が不要である。除去率は75-80%程度が期待できる。</p>
リン除去	<p>凝集剤の添加によりリンを除去する物理化学的除去プロセスは雨天時に不安定になる生物学的除去プロセスと比較して安定したリン除去が可能である。除去率は70-80%程度が期待できる。</p>
運転維持管理性	<p>SFDNPの運転管理はステップ流入により活性汚泥に対する汚濁負荷が均一化されることで各段階の無酸素槽・好気槽を同条件で運転することが可能であることから容易である。循環水の管理が不要であることから、エネルギー消費が少ないと同時に運転管理が容易になる。嫌気度の管理も不要である。</p>
運転管理指標	<p>MLSS濃度、固形物滞留時間 (SRT)、返送汚泥比、活性汚泥の沈降性 (SVI)、溶存酸素濃度 (DO)、ステップ流入比、凝集剤の注入量及び余剰汚泥の引抜量</p>
優位点	<p>硝化液の循環水なしに高い窒素除去率が期待できると同時にエネルギーの消費が少ない。ステップ流入によりA2Oと比較して水理的滞留時間を短縮することが可能である。他の処理法と比較して安定したリン除去率が得られる。</p>
不利点	<p>リン除去のために凝集剤を添加することから、A2Oと比較して余剰汚泥の発生量が多くなると同時に薬品費が必要となる。</p>
必要空気量	<p>CAASPと比較して空気必要量が少ない。汚濁負荷の均一化により各段階の好気槽の必要空気量は同じである。以上から、反応タンク内で流れ方向に対して空気量の調整が不要であることから、空気量の管理は比較的容易である。</p>
凝集剤の注入	<p>SFDNPは、リン除去のために常時、凝集剤の添加が必要である。以上から、SFDNPでは、常時の添加を前提に凝集剤の費用を維持管理費に加える必要がある。</p>

	凝集剤添加ステップ流入式多段硝化脱窒法 (SFDNP)
環境・社会配慮	剰汚泥量の発生量がA2Oと比較して多い。エネルギーの消費が他方式と比較して少ない。
水理的滞留時間	水理的滞留時間：17.8 時間
反応タンク概要	無酸素槽・好気槽（1段）：10mW×13.7mL×6mD×48池 無酸素槽・好気槽（2段）：10mW×19.2mL×6mD×48池 無酸素槽・好気槽（3段）：10mW×25.7mL×6mD×48池
設備概要	攪拌機：無酸素槽 散気装置：好気槽 送風機：散気装置への空気供給
初期投資	土木工事：37.02 百万EUR 設備工事：31.10 百万EUR 68.12 百万EUR (100%)
維持管理費	電力費：2.62 百万EUR/年 (電気量：32.7 MW/年、単価：0.08 EUR/kW) 薬品費：1.57 百万EUR/年 (凝集剤：11,900 ton/年、単価：0.08 EUR/ton) 保守管理費：0.37 百万EUR/年 合計：4.56 百万EUR/年 (100%)
現在価値	94.53 百万EUR (100%)
評価	優位性：高

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.16 汚水処理方式の比較表 (CAASP 法)

	担体添加活性汚泥 (CAASP)
処理フロー	
プロセスの説明	<p>担体添加活性汚泥 (CAASP) は、微生物を固定化する担体を添加することで、反応タンク内の微生物濃度を高く保持することが可能である。担体は反応タンクに留まることから担体に固定化された硝化細菌により安定的な硝化反応が達せられる。リンは活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象により生物学的に除去する。</p>
窒素除去	<p>雨天時等の悪条件においても担体に固定化された硝化細菌により、安定的した窒素の除去性能・効率の確保が可能である。除去率は65-75%程度が期待できる。</p>
リン除去	<p>生物学的除去プロセスは雨天時に不安定になる。以上から、安定したリン除去のために凝集剤の注入設備を生物学的除去プロセスの予備として設けるのが一般的である。除去率は70-80%程度が期待できる。</p>
運転維持管理性	<p>CAASPは常に担体が反応タンクに留まり、浄化に必要な微生物を常に保持することができることから、汚濁負荷の変動、汚水量の変動に対して柔軟性がある。定期的な担体の摩耗の点検が必要であり、反応タンクへの担体の補充となる場合がある。夾雑物を除去する流入スクリーンと担体の流出を防止する流出スクリーンの点検が必要である。</p>
運転管理指標	<p>MLSS濃度、固形物滞留時間 (SRT)、循環比、返送汚泥比、嫌気度 (ORP)、活性汚泥の沈降性 (SVI)、溶存酸素濃度 (DO) 及び余剰汚泥の引抜量</p>
優位点	<p>担体に固定化された硝化細菌・微生物により、安定的な窒素・有機物の除去性能・効率の確保が可能である。反応タンクの水理的滞留時間は最も短い。凝集剤の費用がSFDNPと比較して儉約できる。</p>
不利点	<p>固形物滞留時間が短いため汚泥の自己分解が少ないため、A2Oより余剰汚泥の発生量が多い。担体の摩耗を管理する必要がある。生物学的に除去されたリンは嫌気性消化槽で再度放出されやすい。流入スクリーンと流出スクリーンの点検が必要になる。</p>
必要空気量	<p>担体と汚濁物質の接触を効率化するため、担体を常に浮遊状態に保つことが必要である。担体を浮遊させ、均等拡散させるために追加の空気供給が必要となることから、空気供給のために必要な電力消費量は高い。必要空気量は他方式と比べて多い。</p>

	担体添加活性汚泥 (CAASP)
凝集剤の注入	CAASPは生物学的リン除去が降雨により不安定な時のみ凝集剤の添加が必要になる。以上から、CAASPでは、降雨から凝集剤の添加が必要な日数を前提に凝集剤の費用維持管理費に加える必要がある。
環境・社会配慮	剰汚泥量の発生量がA2Oと比較して多い。エネルギーの消費が多い。
水理学的滞留時間	水理学的滞留時間：8.1 時間
反応タンク概要	嫌気槽：10mW×9.7mL×6mD×48池 無酸素槽：10mW×22.5mL×6mD×48池 好気槽：10mW×19.5mL×6mD×48池
設備概要	攪拌機：嫌気槽及び無酸素槽 散気装置：好気槽 循環ポンプ：硝化液の循環 送風機：散気装置への空気供給 流入スクリーン：夾雑物の除去 流出スクリーン：担体の流出防止
初期投資	土木工事：17.50 百万EUR 設備工事：119.21 百万EUR 136.71 百万EUR (201%)
維持管理費	電力費：3.28 百万EUR/年 (電気量：41.0 MW/年、単価：0.08 EUR/kW) 薬品費：0.27 百万EUR/年 (凝集剤：2,050 ton/年、単価：0.08 EUR/ton) 保守管理費：1.17 百万EUR/年 合計：4.72 百万EUR/年 (104%)
現在価値	159.51 百万EUR (169%)
評価	優位性：低

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

6.2.7 汚水処理方式の代替案の費用分析

表 6.16 では各法の初期投資と維持管理費を比較したが、各費用の内訳は以下のとおりである。

代替案の初期投資の費用分析を図 6.10 に示す。SFDNP の初期投資が A2O と比較して水理学的滞留時間が短いため代替案の中で最も有利である。CAASP の初期投資は担体及び担体のための機器が高価であることから最も不利である。

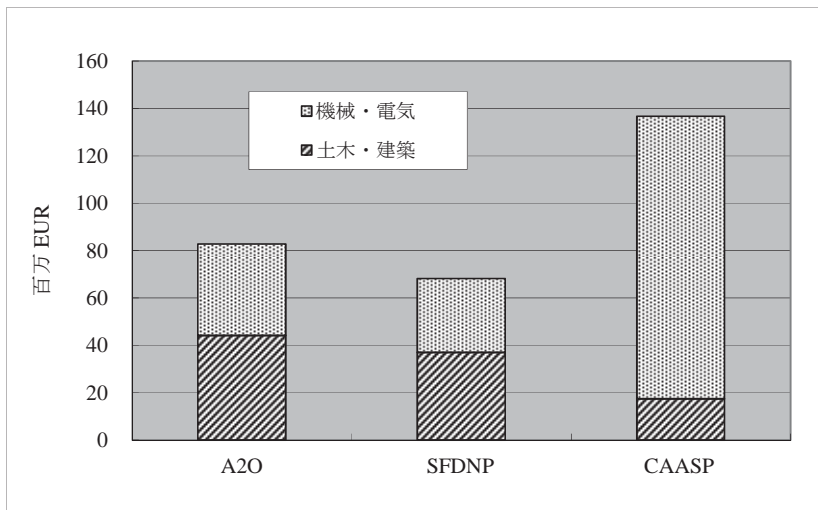


図 6.10 初期投資の費用分析

代替案の維持管理費の費用分析を図 6.11 に示す。SFDNP は硝化液の循環が不要であり、循環ポンプの消費電力を削減することができることから、SFDNP の電力費が最も安価である。しかし、SFDNP はリン除去のために薬品費が他法より多く必要である。

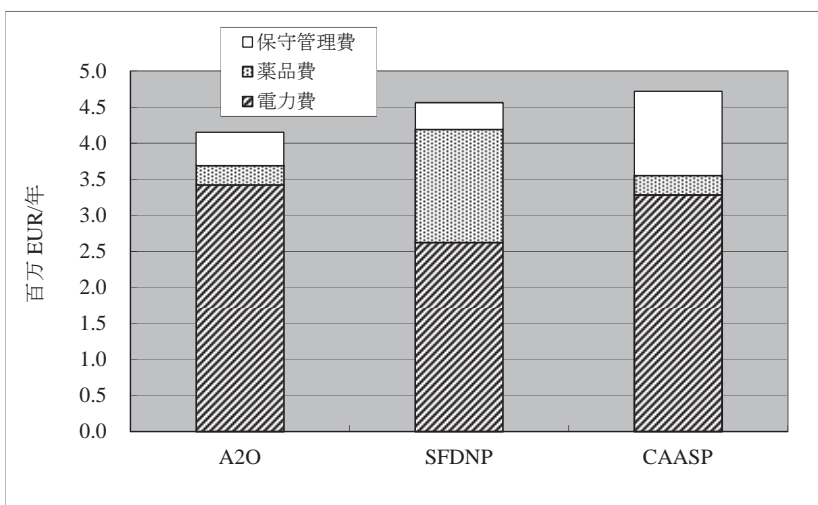


図 6.11 維持管理費の費用分析

初期投資、維持管理費及び更新費用を考慮し、長期的な視野から経済性を比較するために各代替案の現在価値を算定した。代替案の現在価値の費用分析を図 6.12 に示す。SFDNP が汚水処理方式の代替案の中で最も経済的な優位性が高いと評価された。

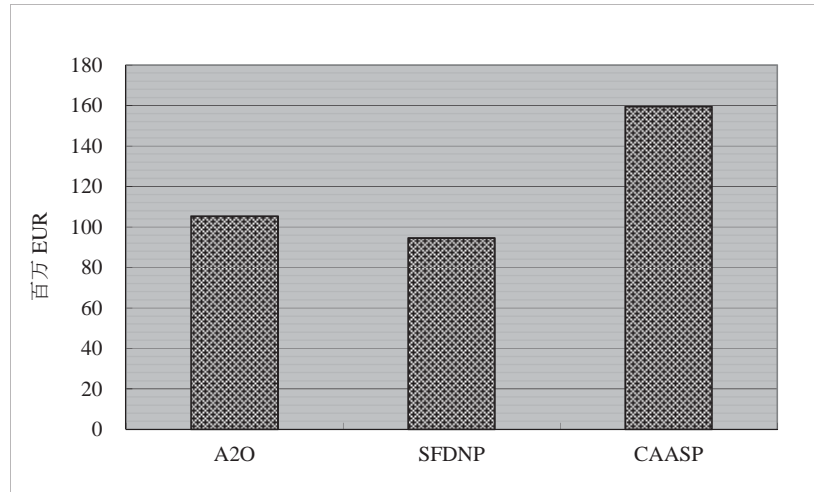


図 6.12 現在価値の費用分析

6.2.8 汚水処理方式の処理性分析

(1) 除去率の比較

上記の経済分析でステップ流入式多段硝化脱窒法と嫌気無酸素好気法は経済性に決定的な差異がないことから、両処理法の処理性について比較する。同処理法で実際に運用している本邦の下水処理場の運用実績から両処理法の処理性を評価するものとする。

本邦ではステップ多段硝化脱窒法は 51 箇所の下水処理場、嫌気無酸素好気法は 63 箇所の下水処理場で稼働している。処理法ごとに下水処理場名、流入水質及び処理水質の年間平均値を Appendix-I にまとめる。

これらの下水処理場の処理水質の平均値を算定し、以下の表 6.17 にまとめる。

表 6.17 処理水質の平均値

項目	BOD ₅	COD _{Mn}	SS	全窒素	全リン
ステップ流入式多段硝化脱窒法	2.5 mg/l	7.7 mg/l	1.8 mg/l	6.9 mg/l	0.6 mg/l
嫌気無酸素好気法	2.3 mg/l	8.2 mg/l	1.5 mg/l	9.3 mg/l	0.7 mg/l

処理性を比較するために各処理法におけるこれらの下水処理場の処理水質の累積頻度分を

水質項目ごとに算定し、図 6.13、図 6.14、図 6.15、図 6.16 及び図 6.17 に示す。

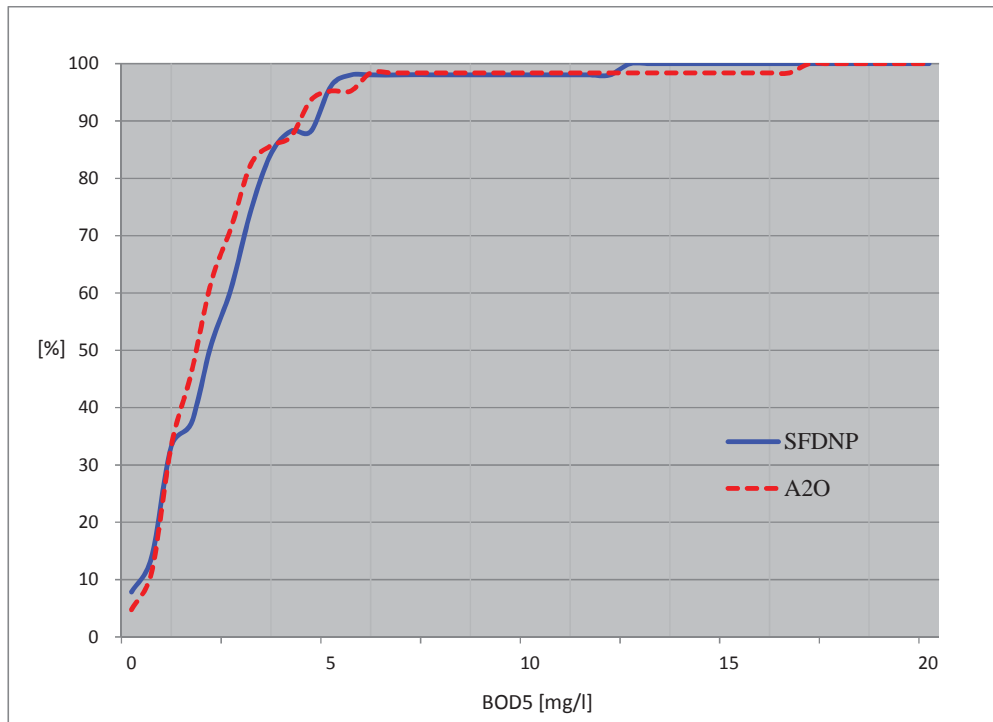


図 6.13 処理水 BOD₅ の累積頻度分布

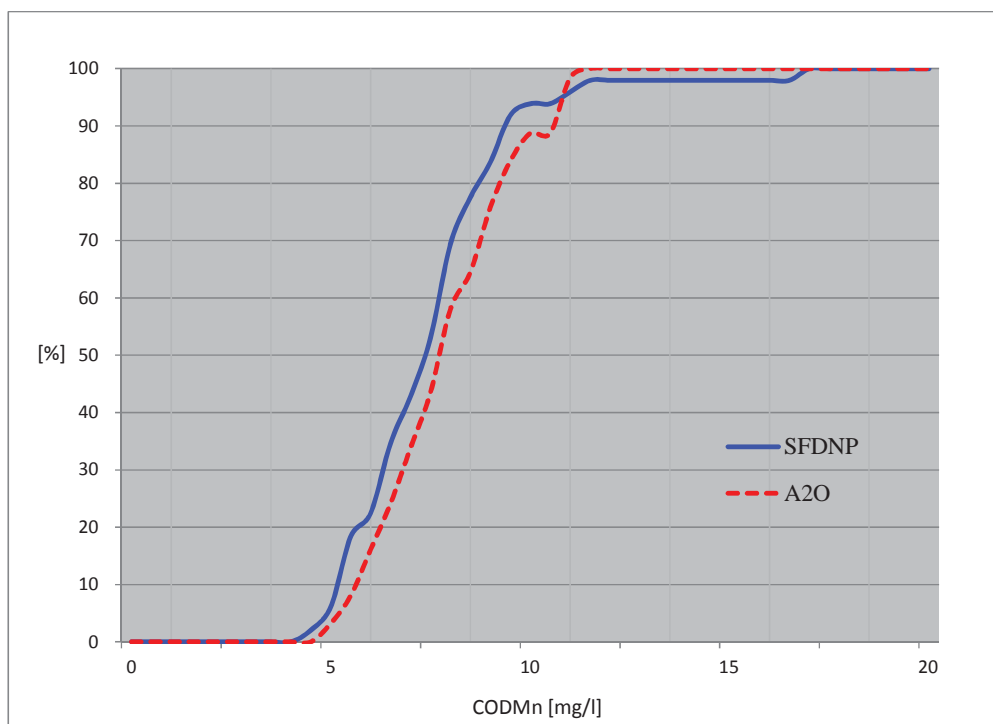


図 6.14 処理水 COD_{Mn} の累積頻度分布

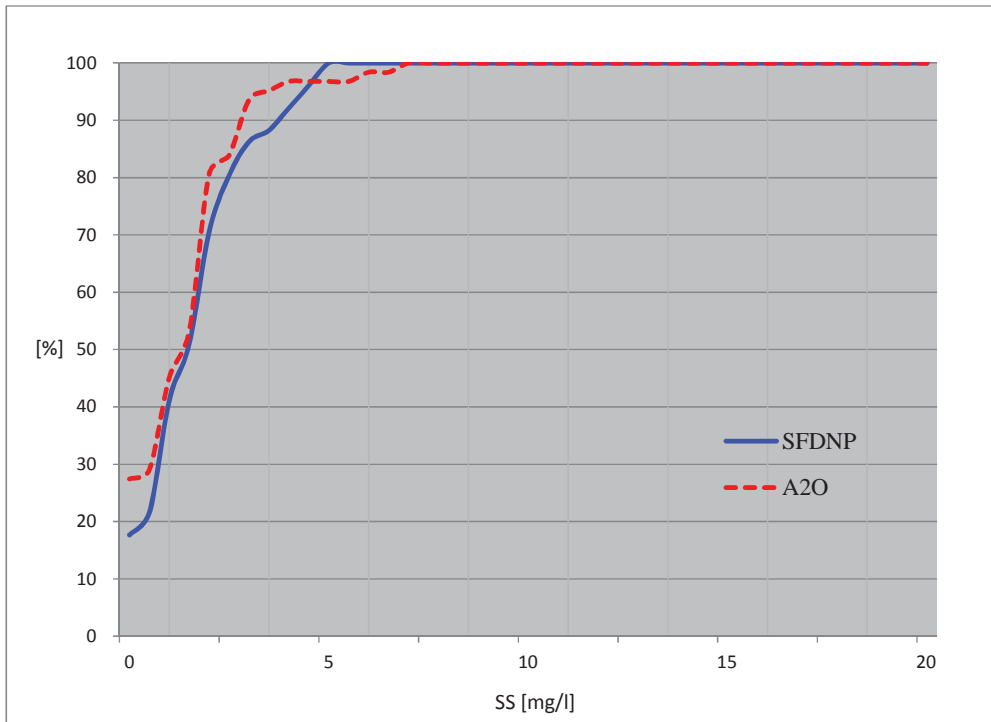


図 6.15 処理水 SS の累積頻度分布

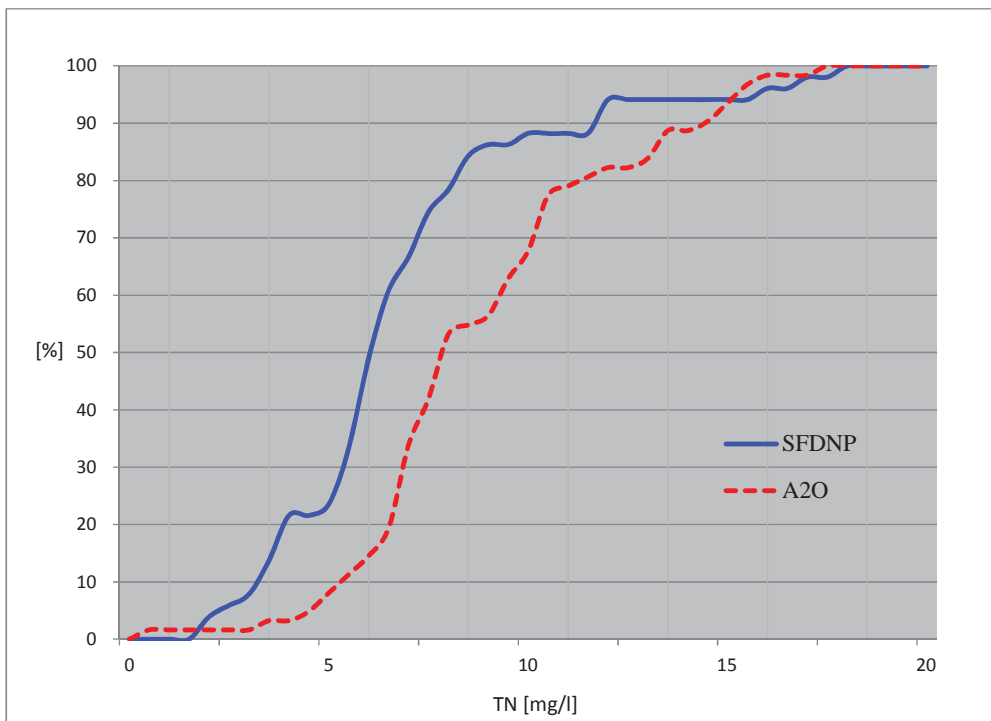


図 6.16 処理水 TN の累積頻度分布

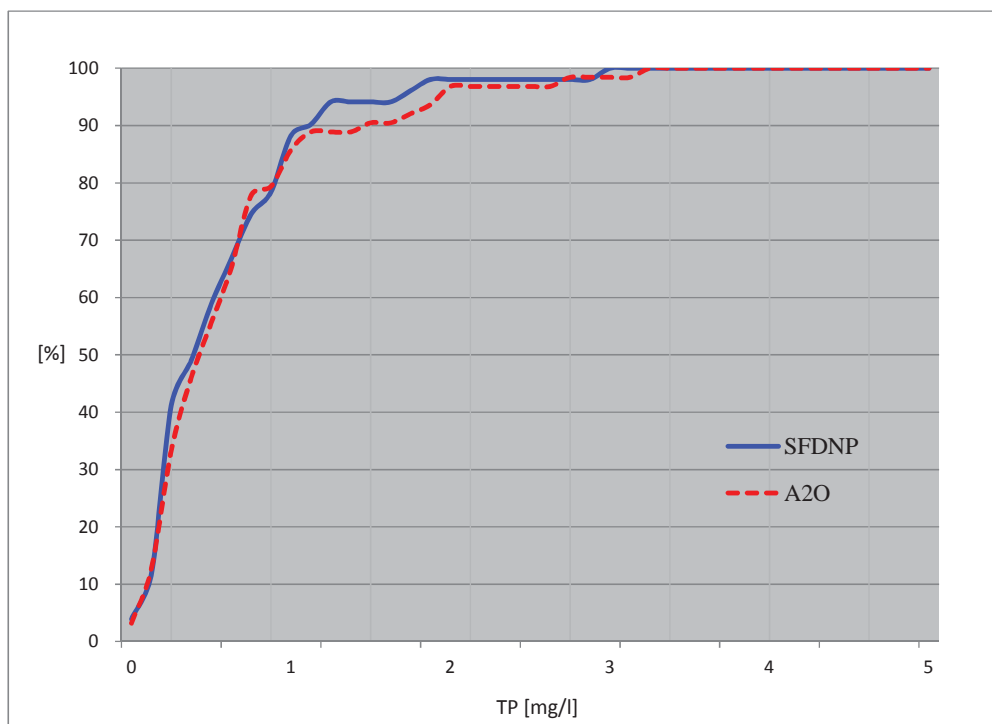


図 6.17 処理水 TP の累積頻度分布

これらの下水処理場の流入水質及び処理水質から除去率を算定して比較することで処理性を比較する。両処理法による除去率を表 6.18 にまとめる。また、各処理法の下水処理場による除去率の変動幅を図 6.18 及び図 6.19 に示す。

表 6.18 除去率

		BOD ₅	COD _{Mn}	SS	全窒素	全リン
ステップ流入式多段硝化脱窒法	平均	98.4 %	91.3 %	98.6 %	76.4 %	83.6 %
	最小	92.4 %	78.9 %	94.1 %	32.0 %	45.5 %
	最大	100 %	95.9 %	100 %	95.1 %	100 %
嫌気無酸素好気法	平均	98.6 %	90.9 %	99.0 %	70.4 %	82.8 %
	最小	91.0 %	78.6 %	96.2 %	39.4 %	21.4 %
	最大	100 %	96.0 %	100 %	98.7 %	100 %

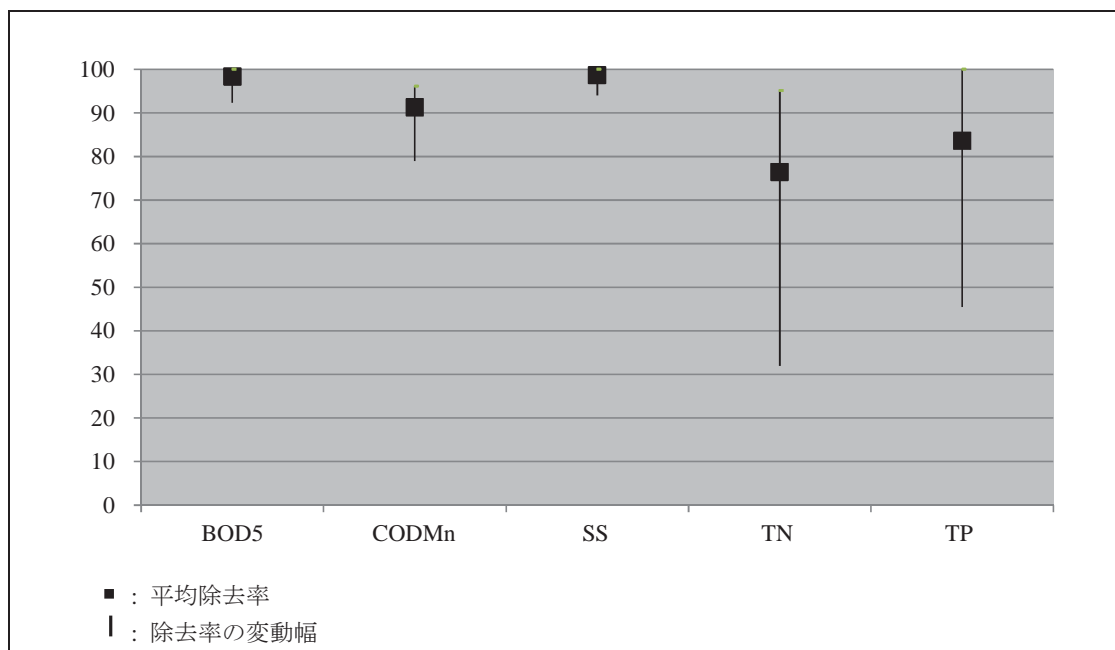


図 6.18 ステップ流入式多段硝化脱窒法の除去率

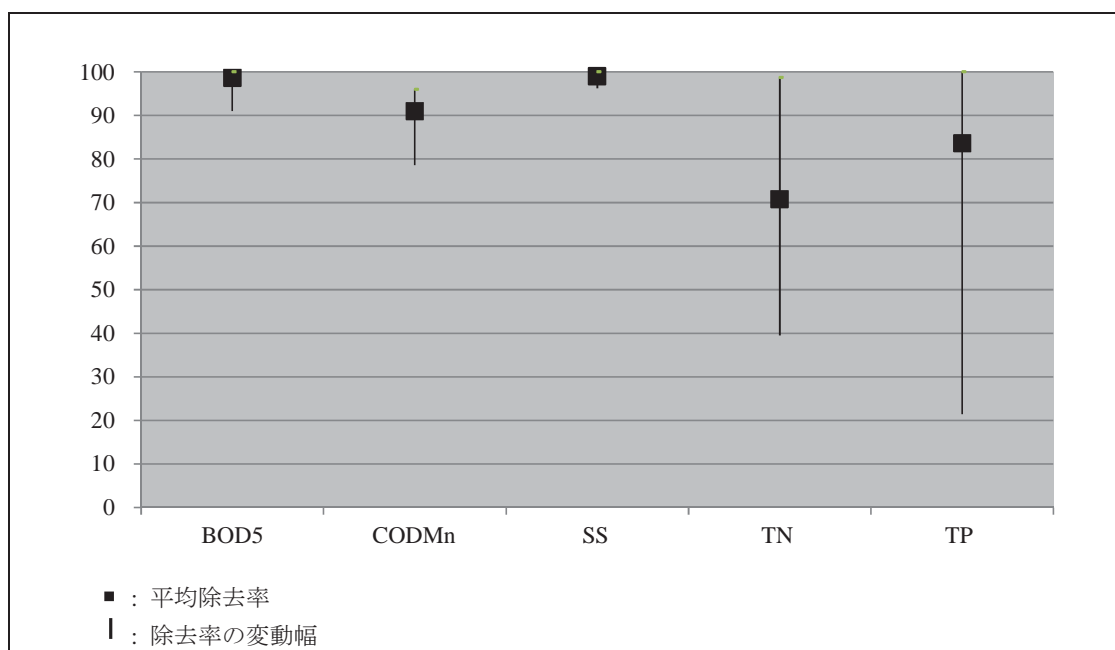


図 6.19 嫌気無酸素好気法の除去率

以上から、ステップ流入式多段硝化脱窒法と嫌気無酸素好気法の処理性について、処理実績から以下のように評価される。

- 両処理法ともに排水基準の確保は可能と判断される
- 有機物及び固形物の除去性能については同等の処理性である

- 窒素除去率はステップ流入式多段硝化脱窒法が6%程度優れている
- リン除去率は同等である

窒素の除去率については、ステップ流入式多段硝化脱窒法が窒素の除去性能の向上を目的として開発された処理方式であることから、嫌気無酸素好気法と比較して優れている。一方、リンの除去率は同程度であった。嫌気無酸素好気法では生物学的リン除去プロセスであるため、除去性能はステップ流入式多段硝化脱窒法より不安定であることが想定される。しかし、基本的に嫌気無酸素好気法では生物学的除去が不安定になった場合を考慮して予備の物理化学的除去のための設備を有している。以上から、予備の物理化学的除去を活用することでリンの除去率が同等であると推測される。

(2) 水温の影響

Veliko Selo 下水処理場は窒素の除去が必要であり、ステップ流入式多段硝化脱窒法、嫌気無酸素好気法ともに窒素は硝化反応と脱窒反応の組み合わせにより生物学的に除去される。

下水処理の微生物には従属栄養細菌と自家栄養細菌があるが、従属栄養細菌が支配的なグループである。従属栄養細菌は無機炭素ではなく、主に有機炭素を餌にすることにより特徴付けられる。一方、自家栄養細菌は無機物質を取込み、それを有機合成に使用する。下水中に含まれるアンモニアを硝化する硝化細菌は自家栄養細菌に属する。自家栄養細菌の種類は少なく、成長速度が遅い。

亜硝酸細菌及び硝化細菌の増殖速度は、BOD を除去する従属栄養細菌に比べて非常に遅い。また、水温は亜硝酸細菌及び硝化細菌の活性に大きく影響し、最適温度は35度付近にあり、15度以下では急激に活性が低下する。

Central 処理区からの直接放流地点で、放流量が最も多い Istovori 監視地点における2007年から2011年の月間平均水温を表6.19に示す。

表 6.19 Istovori 監視地点の汚水温度

単位：℃

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
11.3	10.2	14.6	16.7	20.8	24.1	22.8	23.9	19.5	16.2	15.7	11.9

この記録から、Veliko Selo 下水処理場に流入する汚水の月間平均の最低水温は冬季に10度程度が想定される。したがって、硝化細菌の保持には十分に長い汚泥日令の確保が必要であることから、反応タンクの滞留時間が大きくなる傾向になる。

(3) 降雨の影響

嫌気無酸素好気法ではリンは生物学的に除去される。生物学的リン除去では、雨天時にリン除去性能が低下することがある。この原因としては、雨水による溶存酸素の持ち込みや有機物濃度の低下により、嫌気槽でのリンの吐き出しが阻害されるため、後段の好気槽でのリンの過剰摂取ができないことが考えられる。

(4) リンの再溶出

汚水処理及び汚泥処理の工程での運転条件では、リンは窒素と異なり気体として発散することはできない。よって、下水処理場に流入したリンは放流水又は脱水ケーキとして系外に排出されることとなる。

Veliko Selo 下水処理場の汚泥処理工程には、汚泥性状の安定化、汚泥量の減量化及びバイオマスエネルギーの回収を目的として嫌気性消化が含まれる。活性汚泥微生物によるリンの過剰摂取現象を利用した生物学的除去では、リンを摂取した汚泥が嫌気性消化槽で嫌気状態となることで、取込まれていたリンが再溶出される。

ステップ流入式多段硝化脱窒法では、リンを凝集剤の添加により物理化学的に除去するため、嫌気性消化槽でのリンが固定化されることから再溶出の懸念はない。一方、嫌気無酸素好気法では、リンを生物学的に除去するため、嫌気性消化槽でリンが再溶出される。したがって、汚水処理工程でリンを除去したとしても、汚泥処理工程で再溶出するためリンが系内に蓄積されることが懸念される。

6.2.9 ろ過方式の代替案

Pre-F/S with M/P では Veliko Selo 下水処理場の三次処理には砂ろ過を採用しているが、その後高速ろ過で同等の処理性能を有するろ過技術が開発されている。Veliko Selo 下水処理場に適用の可能性を有する以下に示す新たに開発された新技術の概要を表 6.20 に示す。

- 砂ろ過
- 繊維ろ過
- ディスクろ過器

表 6.20 新技術の説明

説明		
<p>ろ過プロセスは最終沈殿池からの処理水を処理する。ろ過プロセスは処理水を公共水域に放流する前に処理水に含まれる浮遊物を主に除去する。</p>		
繊維ろ過	<p>繊維ろ過技術は、二次処理水を繊維ろ材のろ層により上向流でろ過して、汚濁物質を除去する技術である。従来の砂ろ過と比較して、繊維ろ材により高速でろ過することが可能であるため、省スペース化が可能である。無薬注ろ過で、SSで70%程度、BODで30%程度の除去率が期待できる。</p>	
ディスクろ過器	<p>ディスクろ過器は、二次処理水中のSSやBOD等の汚濁物質を微細な開口幅を有するフィルタにより、ろ過することで除去する技術である。ディスクろ過器は、従来からの砂ろ過と比較して損失水頭が小さいため、水理的な優位性を有する。無薬注ろ過で、SSで60%程度、BODで40%程度の除去率が期待できる。</p>	
EU諸国の動向	<p>EU諸国においてもディスクろ過器を製作する製造会社はある。一方、公共下水の汚水処理分野に適用されている繊維ろ過の類似技術は、EU諸国には存在しない。ディスクろ過器の主要技術は、欧州製と日本製の製品では同じ技術である。カバーやフィルタの洗浄ポンプ等の付属品については、製造会社ごとに改良がなされている。EU諸国では砂ろ過によるろ過が従来の方式である。近年、放流水域に処理水を放流する前に二次処理水をろ過処理するためにディスクろ過器の導入実績が増えており、EU諸国も日本と同様な状況である。</p>	

6.2.10 ろ過方式代替案の比較

初期投資、維持管理費及び大規模更新費を含む経済性を比較するために各処理方式の代替

案で汚水処理施設の基本計画を策定した。また、環境・社会配慮の観点からも考慮したが、代替案の中で大きな差異はない。

ろ過方式の比較表を表 6.21 に示す。比較の結果、以下に挙げる優位性によりディスクろ過器を推奨する。

- ろ過に必要な水頭が小さいため中間ポンプ施設の省略が可能であることから、他のろ過方式と比較して電力使用量が少ない。
- ディスクろ過器の設置には大規模な池構造を必要とせず、水路に設置することが可能であることから初期投資額が最も安価である。
- 将来、ディスクろ過器を設置するための水路の先行投資は非常に小さいため、三次処理の段階的な整備が容易である。
- ディスクろ過器は現在価値の指標から最も経済的である。

表 6.21 ろ過方式の比較表（砂ろ過）

	砂ろ過
ろ過方式の説明	砂ろ過はろ過砂、集水装置、トラフ、弁・ゲート類及びコンクリート構造の池で構成される。送風機、逆洗ポンプ及び排水ポンプがろ過砂の洗浄のために必要となる。
処理プロセス	砂ろ過は二次処理水を砂ろ材・砂利のろ層により下向流でろ過して、汚濁物質を除去する。砂ろ過はろ過速度が比較的に遅いため必要スペースが大きくなる。
汚濁負荷の除去性能	SS : 70% 程度 BOD : 30% 程度
運転維持管理性	ろ過砂の洗浄の良否が処理水の水質に影響を与える。以上から、洗浄効果・洗浄間隔及びろ過時の圧力損失の管理が適切なるろ過処理性能を維持するために重要となる。洗浄時にろ過砂が流出するため、定期的なるろ過砂の補充が必要となる。
環境・社会配慮	エネルギーの消費が多い。
ろ過速度	300 m/日
必要水頭	4.0 m
ろ過方向	下向流
洗浄方式	空気洗浄＋逆洗浄
洗浄水量	4% (ろ過水)
水洗浄速度	約 0.8 m ³ /min m ²
空気洗浄速度	約 1.2 m ³ /min m ²
洗浄頻度	1 回/日
洗浄時間	約 10-15 分
ろ過層厚	0.8 m
ろ過施設	ろ過池 : 面積 72 m ² x 24 池
中間ポンプ	92 m ³ /分 x 7 台 (予備 1 台)
初期投資	20.85 百万EUR (150%)
維持管理費	電力費 : 0.42 百万EUR/年 保守管理費 : 0.12 百万EUR/年 合計 : 0.54 百万EUR/年 (123%)
現在価値	22.87 百万EUR (134%)
評価	優位性 : 中

現在価値 : 割引率 : 10% / 年数 : 30 年

表 6.21 ろ過方式の比較表（繊維ろ過）

	繊維ろ過
ろ過方式の説明	繊維ろ過は繊維ろ材、集水装置、トラフ、弁・ゲート類及びコンクリート構造の池で構成される。送風機、逆洗ポンプ、排水ポンプ及び攪拌機が繊維ろ材の洗浄のために必要となる。
処理プロセス	繊維ろ過は二次処理水を繊維ろ材のろ層により上向流でろ過して、汚濁物質を除去する。繊維ろ過のろ過速度は従来の砂ろ過と比較して速いため必要スペースが小さい。
汚濁負荷の除去性能	SS : 70% 程度 BOD : 30% 程度
運転維持管理性	砂ろ過と同様に繊維ろ材の洗浄の良否が処理水の水質に影響を与える。以上から、洗浄効果・洗浄間隔及びろ過時の圧力損失抗の管理が適切なるろ過処理性能を維持するために重要となる。繊維ろ材の摩耗・消耗劣化の状態を確認することが必要となる。
環境・社会配慮	エネルギーの消費が多い。
ろ過速度	1,000 m/日
必要水頭	4.0 m
ろ過方向	上向流
洗浄方式	機械攪拌＋空気洗浄＋逆洗浄
洗浄水量	1% (二次処理水)
水洗浄速度	約 0.5 m ³ /min m ²
空気洗浄速度	約 0.3 m ³ /min m ²
洗浄頻度	1 回/日
洗浄時間	約 12 分
ろ過層厚	1.5 m
ろ過施設	ろ過池：面積 66 m ² x 8 池
中間ポンプ	92 m ³ /分 x 7 台 (予備 1 台)
初期投資	22.05 百万EUR (159%)
維持管理費	電力費：0.35 百万EUR/年 保守管理費：0.12 百万EUR/年 合計：0.47 百万EUR/年 (107%)
現在価値	22.95 百万EUR (134%)
評価	優位性：中

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.21 ろ過方式の比較表（ディスクろ過）

	ディスクろ過器
ろ過方式の説明	ディスクろ過器はセンタードラム、フィルタセグメント付のディスク、フレーム、洗浄装置及び駆動装置から構成される。ディスクろ過器はコンクリート構造の水路に設置される。
処理プロセス	ディスクろ過器は、二次処理水中のSSやBOD等の汚濁物質を微細な開口幅を有するフィルタにより、ろ過することで除去する。ディスクろ過器はろ過損失が小さいため、必要水頭が小さい優位点がある。
汚濁負荷の除去性能	SS : 60% 程度 BOD : 40% 程度
運転維持管理性	フィルタの洗浄の良否が処理水の水質に影響を与える。以上から、定期的なフィルタの目詰まり・破損等の点検が適切なる過処理性能を維持するために重要となる。また、洗浄ノズル・洗浄ポンプの点検も適切な洗浄効果を維持するために重要である。
環境・社会配慮	
ろ過速度	500 m/日
必要水頭	0.5 m
ろ過方向	平行流
洗浄方式	スプレー洗浄
洗浄水量	6% (ろ過水)
水洗浄速度	-
空気洗浄速度	-
洗浄頻度	運転時間の半分
洗浄時間	-
ろ過層厚	-
ろ過施設	ディスクろ過器 : 16 台 (予備 2 台)
中間ポンプ	省略可能
初期投資	13.90 百万EUR (100%)
維持管理費	電力費 : 0.20 百万EUR/年 保守管理費 : 0.24 百万EUR/年 合計 : 0.44 百万EUR/年 (100%)
現在価値	17.11 百万EUR (100%)
評価	優位性 : 高

現在価値 : 割引率 : 10% / 年数 : 30 年

6.2.11 ろ過方式代替案の費用分析

表 6.21 では、各法の初期投資と維持管理費を比較したが、両費用の内訳は以下のとおりである。

代替案の初期投資の費用分析を図 6.20 に示す。砂ろ過及び繊維ろ過はコンクリート構造物の躯体が必要である一方、ディスクろ過器は水路に設置することが可能であり、中間ポンプ施設も省略することができることから。ディスクろ過器の初期投資が代替案の中で最も有利である。

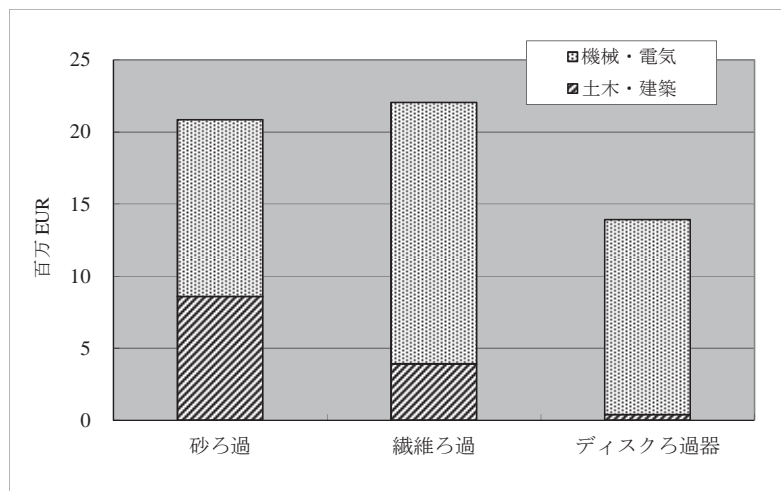


図 6.20 初期投資の費用分析

代替案の維持管理費の費用分析を図 6.21 に示す。ディスクろ過器は中間ポンプの消費電力を削減することができることから、ディスクろ過器の電力費が最も安価である。しかし、ディスクろ過器はフィルタを交換するための保守管理費が必要である。維持管理費の合計は、ディスクろ過器が最も有利である。また、運転員により定期的にフィルタを高圧洗浄することで保守管理費の削減が可能である。

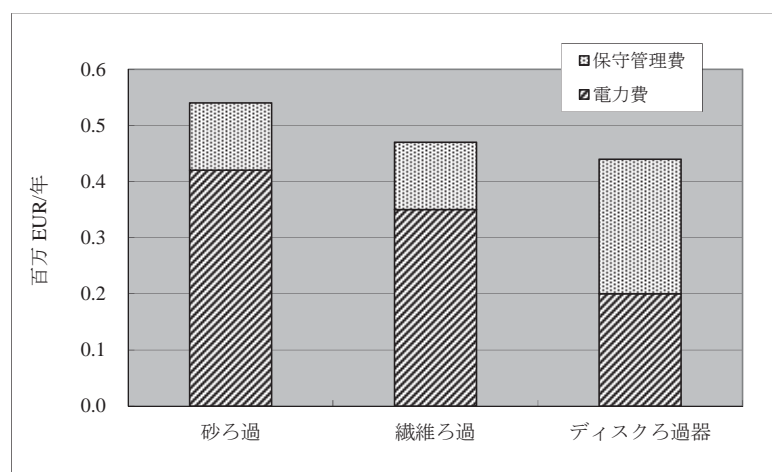


図 6.21 維持管理費の費用分析

代替案の現在価値の費用分析を図 6.22 に示す。ディスクろ過器が三次処理の代替案の中で最も経済的な優位性が高いと評価された。

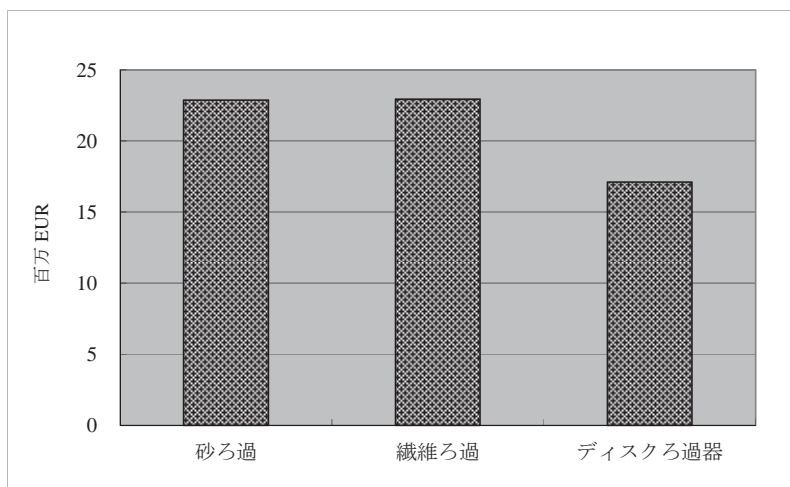


図 6.22 現在価値の費用分析

6.2.12 散気装置の代替案

活性汚泥法による下水中の汚濁物質の除去は、酸素の存在下の反応タンクで、活性汚泥と下水と混合することにより、活性汚泥を構成する微生物の働きにより下水中の汚濁物質の除去（吸着・摂取・酸化・同化等）によって達成される。したがって、活性汚泥微生物への酸素供給および混合の役割を果たすエアレーション装置は污水処理の要である。

散気式は送風機から送られた空気を小さな気泡状にして下水中に吹き込み下水への酸素供給と混合を同時に行うものである。一方、機械攪拌式は、送風機から送られた空気を攪拌羽根の駆動により微細化して下水への酸素供給と混合を同時に行うものである。

散気装置は污水処理施設で使用される電力消費量の通常 30～60%を消費する。したがって、散気装置は酸素移動効率、経済性および維持管理性等を考慮して総合的な見地から選定する必要がある。

Pre-F/S with M/P では Veliko Selo 下水処理場の散気装置には微細気泡散気装置を採用しているが、その後、従来の技術と比べて高い効率を有する新技術が開発されている。従来の微細散気装置とともに Veliko Selo 下水処理場に適用の可能性を有するに新たに開発された散気装置を以下に示し、新技術の説明を表 6.22 に示す。

- 微細気泡散気装置
- 超微細気泡散気装置
- 水中攪拌機

表 6.22 新技術の説明

説明		
<p>散気装置は反応タンクに設置される。散気装置は活性汚泥が汚濁物質を除去するために必要な酸素を供給すると共に下水と活性汚泥を混合する。</p>		
微細気泡散気装置	<p>超微細気泡散気装置は最新の省エネルギー技術である。超微細散気装置は微細孔のメンブレンにより、従来の散気装置より小さな超微細気泡を発生させることで高い酸素移動効率を得られる。</p>	
水中攪拌機	<p>中攪拌機は送風機から送られた空気を攪拌羽根の駆動により細分化することで微細気泡を供給する。水中攪拌機は空気供給を止めることで攪拌運転のみを行うことが可能であり、嫌気・好気条件の両方で運転することが可能である。</p>	
EU諸国の動向	<p>EU諸国においても超微細気泡散気装置を製作する製造会社はある。また、電力消費量を節約するため、EU諸国においても超微細気泡散気装置の導入は進んでいる。欧州製と日本製の製品では、製品の性能である酸素移動効率に関しては同等の性能である。しかし、欧州製と日本製の製品では、使用する材料の選定に違いがある。欧州製の製品は、価格を下げるためにメンブレン膜を固定するベースプレートに樹脂製の材料を一般的に使用している。一方、日本製の製品は、製品の耐用年数を長くし、製品の強度を強くするため、メンブレン膜のベースプレートにステンレス等の高仕様の材料を使用している。</p>	

6.2.13 散気装置代替案の比較

散気装置の比較表を表 6.23 に示す。比較の結果、以下に挙げる優位性により超微細気泡散気装置を推奨する。

- 酸素移動効率が高く、省エネルギー効果に最も優れている。

- 適切な運転により、目詰りしにくい構造であるため長期間の使用が可能である。
- 幅広い空気量の調節ができるため、多様な運転に柔軟性がある。
- 省エネルギー効果により維持管理費が最も安価であり、ライフサイクルコストの観点から最も経済性に優れている。

表 6.23 散気装置の比較表（微細気泡散気装置）

	微細気泡散気装置
散気装置の説明	微細散気装置はセラミック又は合成樹脂性のディフューザー及びステンレス又は合成樹脂性のホルダーから構成されている。微細気泡散気装置はディフューザーの微細孔から微細気泡を生産する。
酸素移動効率	微細散気装置の酸素移動効率は、通常20～32%である。散気装置自体は電力を消費しない。よって、総電力消費量は水中攪拌機より少ない。
運転管理	空気供給量の調整範囲は、最小供給量があることから比較的狭い。ディフューザーの目詰まり防止のために最小供給量以上を確保する必要がある。
維持管理	微細気泡散気装置は5～10年を目途に経年劣化によるディフューザーの目詰まりディフューザーの定期的な交換が必要である。交換をしないと目詰まりにより効率の低下が避けられない。
間欠運転	空気供給なしでは汚水の侵入により目詰まりを起こすことから間欠運転は不可能である。長期間、運転を停止する場合は散気装置を汚水から取り出すことが推奨される。
散気装置圧損	2.4 kPa 以下 (経年劣化より0.3-0.8kPa/年の増加)
空気供給量	2,245 m ³ /分 (152%)
環境・社会配慮	温室効果ガスの発生量は、超微細散気装置より効率が劣るため多い。
散気装置概要	微細散気装置：1式 x 12池 送風機：410 m ³ /分 x 64 kPa x 580 kW x 8台 (予備2台)
初期投資	散気装置：10.48 百万EUR 送風機：4.21 百万EUR 電気設備：1.68 百万EUR 合計：16.38 百万EUR (94%)
維持管理費	電力費：2.10 百万EUR/年 保守管理費：0.26 百万EUR/年 合計：2.36 百万EUR/年 (131%)
現在価値	42.07 百万EUR (111%)
評価	優位性：中

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.23 散気装置の比較表（超微細気泡散気装置）

	超微細気泡散気装置
散気装置の説明	超微細散気装置はメンブレン、ベースプレート、固定枠及び空気供給口から構成されている。超微細気泡散気装置はメンブレンとベースプレートの間に空気を供給して超微細気泡を生産する。
酸素移動効率	超微細気泡散気装置の酸素移動効率は、通常28～35%である。散気装置自体は電力を消費しない。よって、総電力消費量は最も少なく、省エネルギー効果は大きい。
運転管理	空気供給量の調整範囲は、散気装置内の圧力が高く汚水の侵入は防止されるため、従来の微細散気装置と比較して広い。
維持管理	微細気泡散気装置は目詰まり防止特性により、適切な運転を行うことで定期的な交換は不要である。
間欠運転	汚水の侵入は防止できることから間欠運転や運転停止が可能である。空気供給がない時は水圧によりメンブレンがベースプレートの間の隙間がなくなり汚水の侵入を防げる。
散気装置圧損	11 kPa 以下 (経年劣化より増加はない)
空気供給量	1,473 m ³ /分 (100%)
環境・社会配慮	酸素移動効率が高いため消費電力が最も少ないことから、温室効果ガスの発生量は最も少ない。
散気装置概要	超微細散気装置：1式 x 12池 送風機：270 m ³ /分 x 70 kPa x 420 kW x 8台 (予備2台)
初期投資	散気装置：12.10 百万EUR 送風機：3.78 百万EUR 電気設備：1.51 百万EUR 合計：17.39 百万EUR (100%)
維持管理費	電力費：1.52 百万EUR/年 保守管理費：0.28 百万EUR/年 合計：1.80 百万EUR/年 (100%)
現在価値	38.03 百万EUR (100%)
評価	優位性：高

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.23 散気装置の比較表（水中攪拌機）

	水中攪拌機
散気装置の説明	水中攪拌機は電動機、減速機、攪拌羽根及びケーシングから構成されている。送風機から送られた空気を攪拌羽根の駆動により微細化して微細気泡を生産する。
酸素移動効率	水中攪拌機の酸素移動効率は、通常20～32%である。水中攪拌機自体も電力を消費する。水中攪拌機の電力消費量を考慮すると省エネルギー効果は小さい。
運転管理	空気供給量に制限がないことから、空気供給量の調整範囲は最も広い。回転数制御の適用により攪拌羽根の回転速度の調整も可能である。
維持管理	水中攪拌機は定期的な減速機のオーバーホール、水中部における回転部分の潤滑油の補給及びメカニカルシール等の消耗品の交換が必要である。
間欠運転	空気供給量の調整範囲に制限がないことから間欠運転や運転停止が可能である。水中攪拌機は空気供給を止めることで攪拌運転のみを行うことが可能である。
散気装置圧損	1.0 kPa 以下 (経年劣化より増加はない)
空気供給量	2,100 m ³ /分 (143%)
環境・社会配慮	送風機と水中攪拌機の消費電力の合計は最も多いことから、温室効果ガスの発生量は最も多い。
散気装置概要	水中攪拌機：15 kW x 120 台 送風機：385 m ³ /分 x 58 kPa x 490 kW x 8 台 (予備 2 台)
初期投資	散気装置：7.57 百万EUR 送風機：4.10 百万EUR 電気設備：4.67 百万EUR 合計：16.34 百万EUR (94%)
維持管理費	電力費：2.86 百万EUR/年 保守管理費：0.26 百万EUR/年 合計：3.12 百万EUR/年 (174%)
現在価値	49.14 百万EUR (129%)
評価	優位性：低

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

6.2.14 散気装置代替案の費用分析

代替案の初期投資の費用分析を図 6.23 に示す。超微細散気装置の他の代替案と比較して若干高価である。

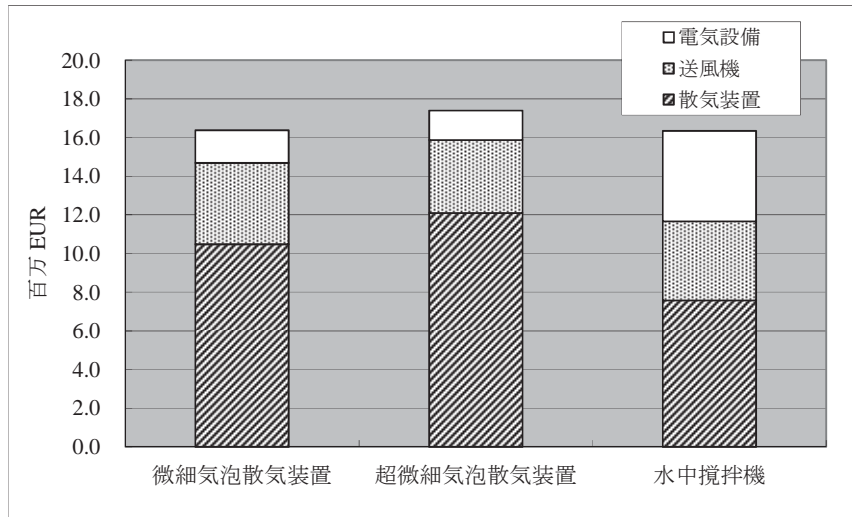


図 6.23 初期投資の費用分析

代替案の維持管理費の費用分析を図 6.24 に示す。酸素移動効率が最も優れることから超微細気泡散気装置の電力費が最も安価である。微細気泡装置との初期投資の差は、電力費が削減されることから2年間の運転で回収することができる。

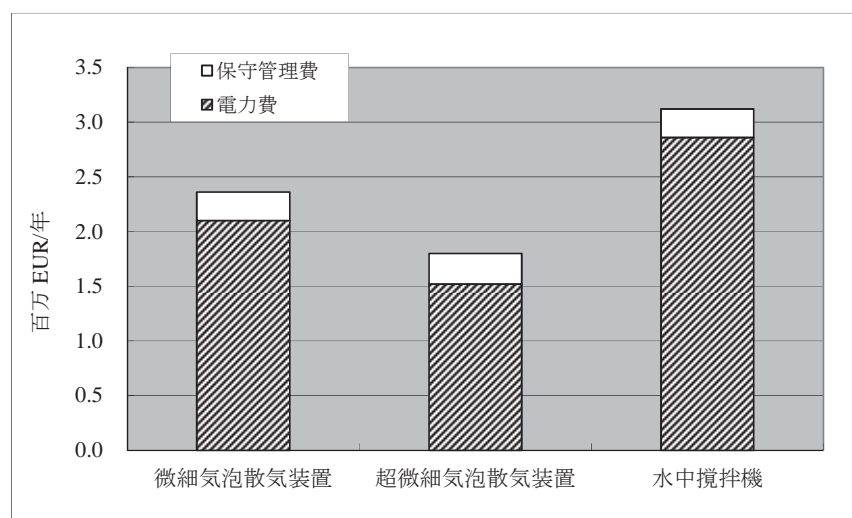


図 6.24 維持管理費の費用分析

代替案の現在価値の費用分析を図 6.25 に示す。超微細気泡散気装置が散気装置の代替案の中で最も経済的な優位性が高いと評価された。

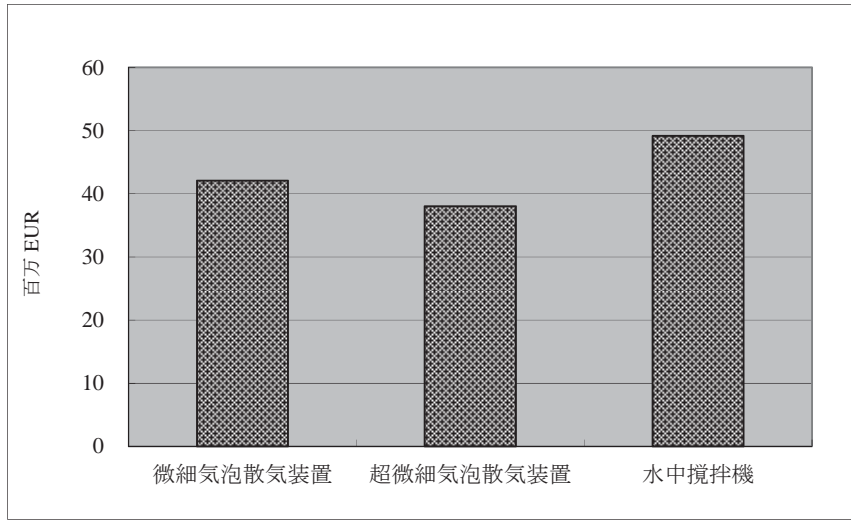


図 6.25 現在価値の費用分析

6.3 汚泥処理方式の選定

下水処理から発生する汚泥を効率よく、安定的に処理することは下水処理の一つの要である。Pre-F/S with M/P では下記に挙げる処理工程の適応をプロセスの複雑性、汚泥の取扱性、エネルギー活用、汚泥処分および環境への悪影響の観点から検討されている。

- 生汚泥および余剰汚泥の濃縮工程
- 汚泥性状の安定化のための嫌気性消化工程
- 電力発電および熱利用によるバイオガスの有効利用
- 脱水ケーキの焼却工程

比較検討の結果、Veliko Selo 下水処理場の汚泥処理プロセスには、濃縮、バイオガス利用を含む嫌気性消化および機械脱水から構成される処理プロセスが採用されている。また、脱水ケーキは処分場等の適切な埋立地に運搬するとされている。バイオガスの有効活用には、電力発電と熱回収による消化槽の加温のため、コージェネレーションシステムの導入を計画している。Pre-F/S with M/P で選定された汚泥処理プロセスを図 6.26 に示す。

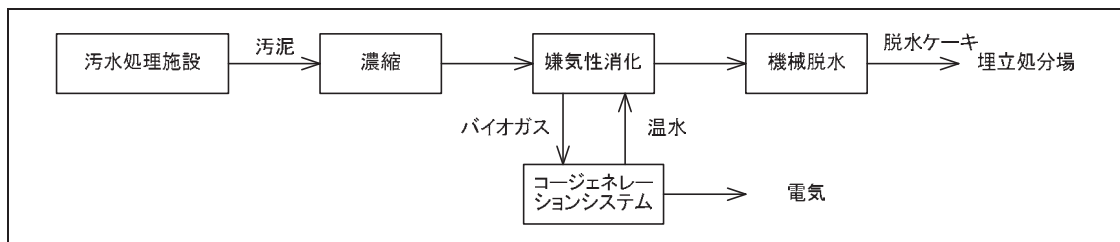


図 6.26 Pre-F/S with M/P の汚泥処理プロセス

Pre-F/S with M/P の汚泥処理方式の検討では、従来の処理技術に対する検討は十分になされていることから、本調査にはおいては Pre-F/S with M/P の検討に含まれていない新技術の導入の可能性を検討する。

6.3.1 下水汚泥のエネルギー利用の検討

従来下水汚泥は処分の対象とされ、効率良く、環境負荷を低減する方法で処分することが望まれてきた。しかし、昨今では、下水汚泥中の固形物の約 8 割は有機物であり、質・量ともに安定しているエネルギー資源であることから、下水汚泥が有するエネルギー的価値が見直され、エネルギー対策や地球温暖化対策に貢献するために有効活用することが期待されている。

このような社会的背景から、下水汚泥のエネルギー化技術の開発が取り組まれ、近年ではバイオガス利用技術および固形燃料化技術が確立され、下水処理場への導入が積極的に進められている。下水汚泥のエネルギー利用には、以下に挙げる社会的貢献が得られる。

- 化石燃料への依存度の低減
- 安定供給可能なエネルギーの確保
- 低炭素社会の実現

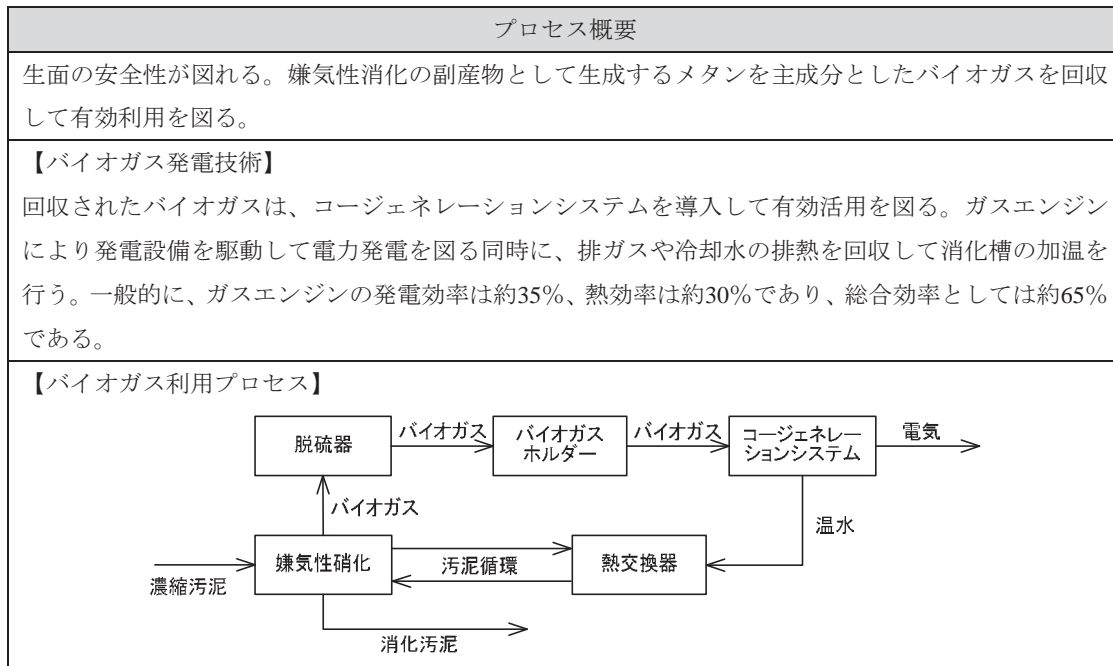
また、下水汚泥のエネルギー化技術の導入には、下水道事業者の持続性の観点から以下に挙げる意義がある。

- 下水汚泥のバイオマスとしての長期的かつ安定的な有効活用
- エネルギー価値を利用することによる経営改善
- 温室効果ガスの削減による社会貢献

下水汚泥のエネルギー利用には、バイオガス利用技術と固形燃料化技術がある。バイオガス利用は Pre-F/S with M/P で既に導入を計画されている。表 6.24 に Veliko Selo 下水処理場への導入が推奨されるバイオガス利用技術の概要を示す。

表 6.24 バイオガス利用技術の概要及び熱収支

プロセス概要
<p>【バイオガス回収技術】</p> <p>下水汚泥からのエネルギー回収技術のうち、現在、最も多く利用されている技術が嫌気性消化である。嫌気性消化は、嫌気の状態に保たれた汚泥消化槽内で有機物を嫌気性微生物の働きで低分子化、液化及びガス化する処理法である。汚泥を消化槽で消化温度に応じて適当な消化日数をとると、投入汚泥中の有機物は液化及びガス化により40～60%減少する。この結果、汚泥量の減少、質の安定化及び衛</p>



次に、Veliko Selo 下水処理場への導入の可能性を有する固形燃料化技術を導入した場合のケーススタディを表 6.25 及び表 6.26 に示す。

表 6.25 炭化技術のケーススタディ

プロセス概要	
<p>本技術の原理は、無酸素状態で下水汚泥を加熱することにより、汚泥中に含まれる分解ガスを放出させ、汚泥を熱分解させて燃料化汚泥を製造する技術である。従来の炭化方式では高温で加熱するため、発熱量が低く灰分が多いことから燃料価値が低かったが、低温・中温での炭化により発熱量が多い燃料化汚泥の生産が可能となった。一般的なシステム構成は、乾燥工程及び炭化工程に大別され、投入された脱水汚泥は乾燥工程で水分除去され乾燥汚泥となり、続く炭化工程において低酸素状態で熱分解され、乾留、炭化される。</p>	
製造量	炭化汚泥：15,900 ton/年
含水率	4%以下
形状	円筒形（径5mm×5-10mm）
発熱量	13 - 16 MJ/kg
灰分	40 - 44% (dry)

プロセス概要	
自然発火性	低い
臭気	微臭
施設	炭化施設：処理能力120 ton/日×3基
温室効果ガス削減量	-1,037 ton-CO ₂ /年
初期投資	79 百万EUR
運転・維持管理費	7.0 百万EUR/年
現在価値	151 百万EUR

表 6.26 造粒乾燥技術導入のケーススタディ

プロセス概要	
<p>本技術の原理は、汚泥の粘着性を利用し、乾燥粒子（核粒子）に汚泥を薄膜状に塗布し、転動造粒した汚泥を熱風で乾燥される方法である。水分を蒸発させる操作のため、基本的に脱水汚泥中の有機物は分解されていない。汚泥中に含まれる有機成分は造粒乾燥ペレット中に濃縮されるため、保有熱量は高い傾向にある。汚泥の取扱性は造粒乾燥されることで改善される。</p>	
製造量	造粒乾燥汚泥：34,500 ton/年
含水率	30 - 40 %
形状	20 - 30mm
発熱量	13 - 16 MJ/kg (dry)
灰分	40 - 38 %
自然発火性	低い
臭気	汚泥臭
施設	造粒乾燥施設：処理能力90 ton/日 x 4基
温室効果ガス削減量	-3,174 ton-CO ₂ /年
初期投資	38 百万EUR
運転・維持管理費	6.4 百万EUR/年
現在価値	134 百万EUR

6.3.2 燃料化汚泥の需要調査

汚泥燃料化の導入には、生産された製品（固形燃料）の受入事業者が近隣に長期的かつ安定的に確保できることが前提となる。製品形態別の潜在的な需要について調査した結果を表 6.27 にまとめる。

表 6.27 燃料化汚泥の需要調査結果

	需要調査
炭化汚泥	<p>炭化汚泥は微臭であり、石炭の代替燃料として利用が可能であることから、石炭火力発電所を有する電力会社が潜在的な受入事業として可能性を有する。現在の「セ」国のエネルギーの関連法では、下水由来の製品はバイオマスとして認められていないことから廃棄物としてみなされる。以上から、石炭火力発電所が燃料化汚泥を石炭の代替燃料として利用する場合には、廃棄物処理業者としての登録が必要であり、廃棄物処分に係る制約を受ける。また、再生可能エネルギーにより発電された電力は、化石燃料由来の電力より高価な価格で供給することが可能な制度が「セ」国には存在するが、現時点では燃料化汚泥はバイオマスとしてみなされないため、上記の制度を適用することはできない。</p> <p>以上から、電力会社から現行の法的環境では燃料化汚泥を受入れには、廃棄物処分の制約を受け、再生可能エネルギーの恩恵も得られないため優位性がないことから、有価で受入れることは困難であると回答を得ている。</p>
造粒乾燥汚泥	<p>造粒乾燥汚泥は臭気を有することから、潜在的な受入事業者は臭気に対して制約がない事業者に限定される。ベオグラード市は、市内で発生する廃棄物の処理・処分に係る計画を策定しており、一般廃棄物の可燃性廃棄物から生成される RDF（固形化燃料）と下水汚泥を混焼して発電および温水供給を行う構想を有している。同事業の事業主体は市の廃棄物処理公社であり、廃棄物処理業者であることから、現行の法的環境においても燃料化汚泥の利用に対して制約はない。下水汚泥の受入形態においても、施設の計画用地は廃棄物処分場の用地内であることから臭気に対して制約はなく、RDFと同等の観点から低コスト及び高熱量を有する造粒乾燥汚泥が相応しいとされる。</p> <p>ベオグラード市は、廃棄物処理計画の実現化のためにフィジビリティ調査の実施のために、資金融資のために援助機関を探しているが、現段階では資金融資先が見つかっておらず、調査の実施の目途が立たない状況である。</p>

以上から、現時点では燃料化汚泥（炭化汚泥・造粒乾燥汚泥）の受入事業者の確保が困難な状況であるといえる。

6.3.3 汚泥燃料化の導入時期の提案

汚泥燃料化は、持続性・社会的背景の観点から導入が必要とされるが、導入時期については、以下の理由により現時点ではなく、将来における導入が推奨される。また、表 6.28 に汚泥燃料化の導入に対する課題をまとめる。

- 受入業者の未確実性
- 燃料化施設の計画・設計の最適化
- 下水処理場の運営・維持管理体制の確立
- 事業資金調達の制約

表 6.28 汚泥燃料化の導入に対する課題

項目	説明
受入業者の未 確実性	現時点では製造される燃料化汚泥の受入事業者の確保が不確実な状況である。事業の完成時までに燃料汚泥の利用に対する法的環境の整備が進まない又は廃棄物処理計画の計画建設が整備されない場合、製造された燃料汚泥は有効利用が図れないため廃棄処分となり、投資の浪費となる。
燃料化施設の 計画・設計の 最適化	汚泥燃料化施設の設計は、有機物量等の汚泥性質が各下水処理場で異なることから、導入される下水処理場で発生する汚泥性質を考慮して設計する必要がある。以上から、Veliko Selo 下水処理場の供用開始後、実際の運用により汚泥性状を把握して施設設計の最適化を図ることが望ましい。
下水処理場の 運営・維持管 理体制の確立	Veliko Selo 下水処理場はベオグラード市で初めて導入される下水処理場である。汚泥燃料化施設は施設構成が複雑であり、エネルギーを製造するため安全管理が重要とされる。以上から、下水処理場の運転・維持管理体制が確立されてから、導入することが望ましい。
事業資金調達 の制約	汚泥燃料化施設は、エネルギーを製造する高度な技術を有する複雑な施設であることから初期投資額が大きく、第1期事業に含めると必要資金の調達に対して制約になる可能性を有する。

したがって、Veliko Selo 下水処理場の供用開始当初は Pre-F/S with M/P の計画に基づき、脱水ケーキによる埋立処分が推奨される。Veliko Selo 下水処理場の南方 5km に Vinca 埋立処分場がある。現在の廃棄物の受入条件に関する規制では、有害物質の含有量が表 6.29 に示す基準値以下であれば、脱水ケーキを Vinca 埋立処分場に埋立処分することが可能である。また、処分費は m^3 当たり 1,400 RSD である。

表 6.29 有害物質の基準値

項目	基準値 (mg/l)
アンチモン (Sb)	15
ヒ素 (As)	5
バリウム (Ba)	100
銅 (Cu)	25
バナジウム (V)	24
水銀 (Hg)	0.2
カドミウム (Cd)	1
モリブデン (Mo)	350
ニッケル (Ni)	20
鉛 (Pb)	5
セレン (Se)	1
銀 (Ag)	5
クロム (Cr)	5
亜鉛 (Zn)	250

また、将来的には実施の運用により、汚泥性状のデータ、運転・維持管理体制が確立した段階で汚泥燃料化技術を導入することが推奨される。また、導入技術については、この分野の技術進歩は著しいことから、導入する将来において確立された技術の中から、受入事業者の需要が確保できる製品形態が製造できる技術を選定することが重要である。

Pre-F/S with M/P ではベオグラード市に Veliko Selo 下水処理場を含む4つの下水処理場が計画されており、残りの3つの下水処理場は小規模施設である。汚泥燃料化施設は、以下の理由により小規模な下水処理場への導入は困難である。

- スケールメリットが大きく小規模施設では割高になり採算性が合わない
- 汚泥燃料化施設の始動・停止には長時間・燃料を有すことから、効率性の観点から連続運転が前提であり、小規模施設の運転管理体制では対応が困難である
- 安全性の確保の観点から小規模施設への導入は推奨されない

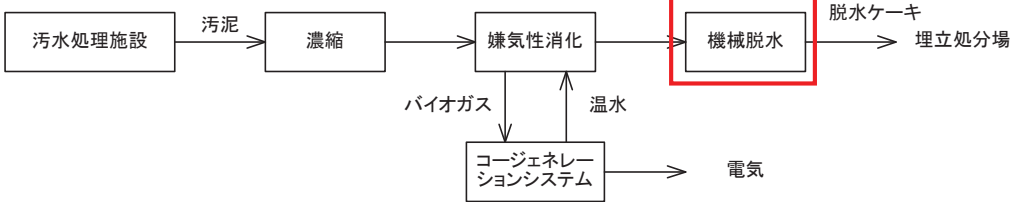

したがって、スケールメリット及び施設の運転管理を考慮すると、汚泥燃料化施設においては Veliko Selo 下水処理場における集約処理が推奨される。その場合は、他の3つの下水処理場から Veliko Selo 下水処理場に脱水汚泥を船舶搬送することになる。Veliko Selo 下水処理場に汚泥燃料化施設を導入する際に、他の3つの下水処理場の整備状況を考慮して、導入する施設の処理能力を計画する必要がある。

6.3.4 脱水機の代替案

Pre-F/S with M/P では Veliko Selo 下水処理場の機械脱水機には遠心脱水機を採用している。Veliko Selo 下水処理場に適用の可能性を有する他形式の機械脱水機もある。新技術であるスクリュープレス脱水機と従来の脱水機を含む代替案を以下に示す。新技術の説明を表 6.30 に示す。

- ベルトプレス脱水機
- 遠心脱水機
- スクリュープレス脱水機

表 6.30 脱水機の新技術の説明

説明		
 <p>機械脱水機は汚泥を最終処分場に搬出するために、嫌気性消化槽からの液体の汚泥中に含まれる水分を分離し、固体の汚泥ケーキにする。</p>		
スクリーンプレス脱水機	スクリーンプレス脱水機は従来の脱水機と比較して消費電力が小さい低動力型脱水機がある。スクリーンプレス脱水機は低速回転のスクリーンにより凝集汚泥を搬送しながら濃縮、ろ過、圧搾することで省エネルギーかつ効率的に脱水することが可能である。	
EU諸国の動向	公共下水の汚水処理から発生する汚泥の脱水に適用できるスクリーンプレス脱水機の類似技術は、EU諸国には存在しない。EU諸国の下水分野では、ベルトプレス脱水機と遠心脱水機が主な脱水機である。特に大規模な下水処理場では、遠心脱水機の導入実績が多い。しかし、遠心脱水機は、高速回転することから電力消費量、保守管理、騒音、振動等で不利な点がある。近年、EU諸国で本邦企業により製造されたスクリーンプレス脱水機の導入実績が下水分野も含めて増えており、EU諸国においてもスクリーンプレス脱水機は知名度を高めつつある。	

6.3.5 脱水機代替案の比較

脱水機の比較表を表 6.31 に示す。比較の結果、以下に挙げる優位性によりスクリーンプレス脱水機を推奨する。

- 消費電力及び維持管理費が最も安価であることから、運転・維持管理費が最も安価である。
- 定期的なベルト交換が必要なベルトプレス脱水機及び刃先交換のために工場に持ち帰る必要がある遠心脱水機と比較して維持管理が容易である。
- スクリーンプレス脱水機は汚泥性状の変動に対して、スクリーンの回転速度の調節、凝集剤の注入率、凝集装置の攪拌速度、汚泥投入圧、背圧装置の圧力及び汚泥投入量により運転を最適化することが可能である。
- スクリーンプレス脱水機は現在価値の指標から最も経済的である。

表 6.31 脱水機の比較表（ベルトプレス脱水機）

	ベルトプレス脱水機
脱水方式	ベルト脱水機はローラーにより加圧された2枚のベルトにより凝集された汚泥を圧搾・せん断することで汚泥を脱水する。ベルトプレス脱水機はろ過機、凝集装置及び現場制御盤で構成される。
脱水機性能	脱水ケーキ含水率：79 % ろ過速度：110 kg 固形物 /m・時 固形物回収率：90 % 凝集剤薬注率：1.6 %
脱水機設備	脱水機ベルト幅：3.0 m 台数：10 台（予備 1 台）
配置スペース	936 m ² （脱水機単独）
運転操作	ベルトプレス脱水機は汚泥性状の変化に対して、ベルト速度、凝集剤薬注率及び汚泥投入量の変更による対応となる。
維持管理	ベルトプレス脱水機は約8,000の運転時間ごとにベルトの交換が必要である。ベルトはメンテナンス作業員により現場で交換が可能である。
洗浄水量	ベルトプレス脱水機は運転中において常時ベルト洗浄が必要である。以上から、ベルトプレス脱水機は他機種に比較して洗浄水量が多くなる。
騒音・振動	ベルトプレス脱水機は低速運転であるため、特に騒音及び振動は問題ない。
環境・社会配慮	消費電力は比較的小さいため、温室効果ガスの発生量は少ない。臭気問題が他方式と比較して大きい。
初期投資	脱水機：2.02 百万EUR 建屋：1.31 百万EUR 合計：3.33 百万EUR (128 %)
維持管理費	電力費：0.05 百万EUR/年 薬品費：1.22 百万EUR/年 保守管理費：0.14 百万EUR/年 合計：1.41 百万EUR/年 (119 %)
現在価値	17.02 百万EUR (120 %)
評価	優位性：低

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.31 脱水機の比較表（遠心脱水機）

	遠心脱水機
脱水方式	遠心脱水機は外筒を高速で回転させることで発生する遠心力により汚泥を脱水する。遠心脱水機は外筒、スクリーン、差動装置及び現場制御盤で構成される。
脱水機性能	脱水ケーキ含水率：79 % 処理容量：30 m ³ /時 固形物回収率：95 % 凝集剤薬注率：1.5 %
脱水機設備	処理容量：30 m ³ /時 台数：5 台（予備 1 台）
配置スペース	606 m ² （脱水機単独）
運転操作	遠心脱水機は汚泥性状の変化に対して、外筒の回転速度、凝集剤薬注率、背圧装置の圧力及び汚泥投入量の変更による対応となる。
維持管理	遠心脱水機は約12,000の運転時間ごとに刃先の交換が必要である。刃先の交換のために遠心脱水機本体を工場に持ち帰る必要がある。
洗浄水量	遠心脱水機は1日に1回の洗浄が必要である。洗浄時間は10分程度である。以上から、遠心脱水機は洗浄水量が少ない。
騒音・振動	遠心脱水機は外筒を高速回転させるため、騒音及び振動に対して対策を図る必要がある。
環境・社会配慮	消費電力は他機種と比較して大きいため、温室効果ガスの発生量が多い。騒音問題が他方式と比較して大きい。
初期投資	脱水機：0.89 百万EUR 建屋：0.85 百万EUR 合計：1.74 百万EUR (67%)
維持管理費	電力費：0.15 百万EUR/年 薬品費：1.14 百万EUR/年 保守管理費：0.15 百万EUR/年 合計：1.43 百万EUR/年 (121%)
現在価値	15.37 百万EUR (109%)
評価	優位性：中

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

表 6.31 脱水機の比較表（スクリープレス脱水機）

	スクリープレス脱水機
脱水方式	スクリープレス脱水機はスクリーと有孔金属スクリーンにより凝集された汚泥を圧搾することで汚泥を脱水する。スクリープレス脱水機は、スクリー、スクリーン、背圧装置、駆動装置、凝集装置及び現場制御盤で構成される。
脱水機性能	脱水ケーキ含水率：79 % ろ過速度：836 kg 固形物 /m・時 固形物回収率：95 % 凝集剤薬注率：1.5 %
脱水機設備	脱水機口径：1000 mm 台数：5 台（予備 1 台）
配置スペース	387 m ² （脱水機単独）
運転操作	スクリープレス脱水機は汚泥性状の変化に対して、スクリーの回転速度、凝集剤の注入率、凝集装置の攪拌速度、汚泥投入圧、背圧装置の圧力及び汚泥投入量の変更による対応となる。
維持管理	スクリープレス脱水機は約30,000の運転時間ごとにスクリーンの交換が必要である。スクリーンは現場で交換が可能であるが、製作メーカーの監理が必要である。
洗浄水量	スクリープレス脱水機は6-8時間に1回の洗浄が必要である。洗浄時間は30分程度である。以上から、スクリープレス脱水機は洗浄水量が少ない。
騒音・振動	スクリープレス脱水機は低速運転であるため、特に騒音及び振動は問題ない。
環境・社会配慮	消費電力が小さいため、温室効果ガスの発生量は少ない。
初期投資	脱水機：2.07 百万EUR 建屋：0.54 百万EUR 合計：2.61 百万EUR (100 %)
維持管理費	電力費：0.01 百万EUR/年 薬品費：1.14 百万EUR/年 保守管理費：0.03 百万EUR/年 合計：1.19 百万EUR/年 (100 %)
現在価値	14.16 百万EUR (100 %)
評価	優位性：高

現在価値：割引率：10% / 年数：30年

6.3.6 脱水機代替案の費用分析

代替案の初期投資の費用分析を図 6.27 に示す。遠心脱水機の初期投資が代替案の中で最も有利である。

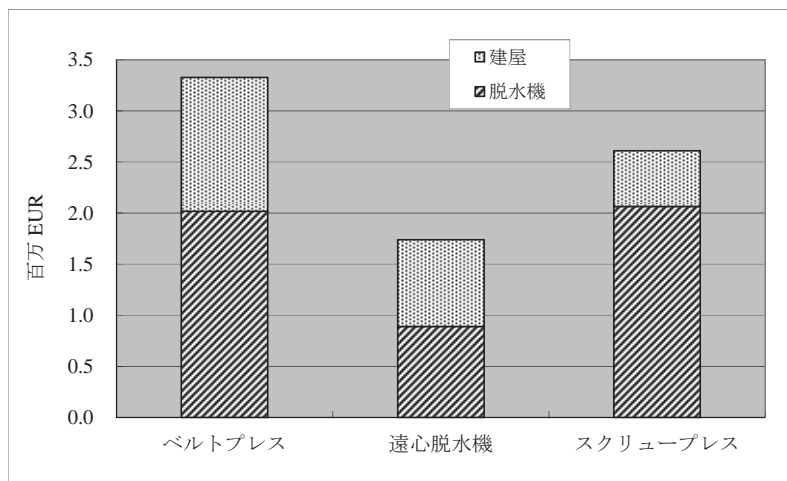


図 6.27 初期投資の費用分析

代替案の維持管理費の費用分析を図 6.28 に示す。スクリーンプレス脱水機の電力費及び保守管理費が少ないことから、スクリーンプレス脱水機の維持管理費が最も有利である。遠心脱水機との初期投資の差は、電力費及び保守管理費が削減されることから 7 年間の運転で回収することができる。スクリーンプレス脱水機は適正な保守管理により 15 年以上運転が可能である。

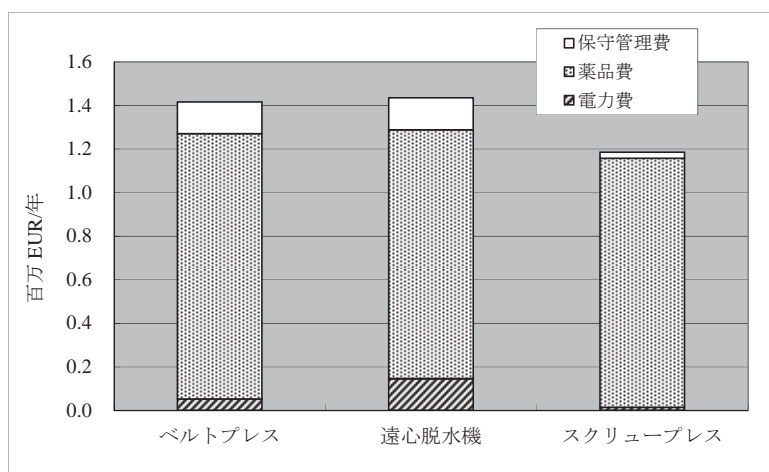


図 6.28 維持管理費の費用分析

代替案の現在価値の費用分析を図 6.29 に示す。スクリープレス脱水機が脱水機の代替案の中で最も経済的な優位性が高いと評価された。

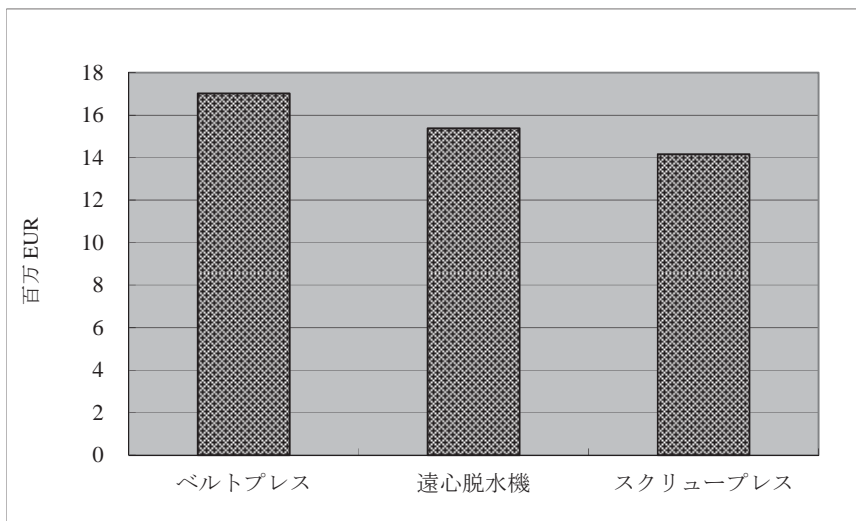


図 6.29 現在価値の費用分析

6.4 処理方式最適案の提案

汚水処理方式、汚泥処理方式の比較検討の結果から Veliko Selo 下水処理場に推奨される処理プロセスの概略フローシートを図 6.30、各処理プロセスの概要を表 6.32 に示す。

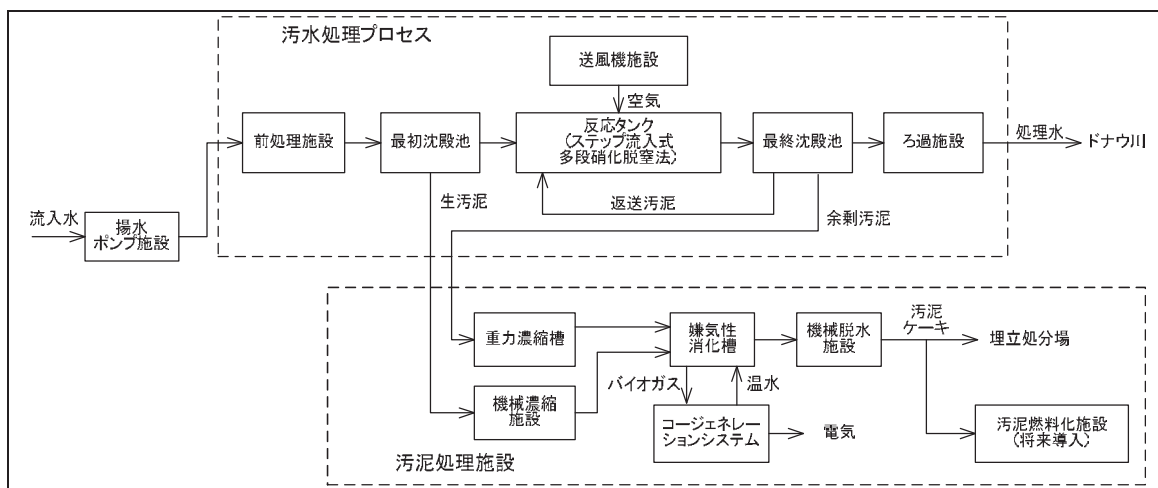


図 6.30 処理プロセスの概略フロー

表 6.32 各処理プロセスの概要

処理プロセス	概要
揚水ポンプ施設	緊急時における施設の冠水を防止するために流入ゲートを設置する夾雑物による。揚水ポンプの閉塞防止を図るため粗目除塵機を設置する。揚水ポンプの運転方法は、ポンプ井の水位による台数制御により流量を制御する。
前処理施設	生物処理の前に汚水を前処理するため細目除塵機とエアレーティッド沈砂池を設置する。細目除塵機により除去されたしきは、脱水後にコンテナに貯留して場外搬出する。砂及び油脂分は空気と混合させることにより汚水から分離される。沈殿した沈砂はエアリフトポンプにより除去し、水切り後にコンテナに貯留して場外搬出する。浮いた油脂分は表面から除去する。
最初沈殿池	汚水中に含まれる有機物を主体とする比重の大きい汚濁物質を沈殿分離して除去する。最初沈殿池には汚泥掻寄機を設置する。最初沈殿池から引き抜かれた生汚泥は重力濃縮槽に送泥する。
反応タンク	完全混合型の無酸素タンク及び好気タンクの組合せを3段直列に配置し、それぞれの無酸素タンクに均等にステップ流入させる。無酸素タンクには槽上型攪拌機を設置し、好気タンクには超微細気泡散気装置を設置する。反応タンクの後段でリン除去のため凝集剤を添加する。
送風機設備	反応タンクの曝気用の空気は送風機により供給する。送風量は空気供給量に合わせて、インレットバーン制御により風量調節して消費電力量を低減するものとする。
最終沈殿池	活性汚泥と処理水の固液分離を図り、活性汚泥を濃縮して引き抜く。最終沈殿池には汚泥掻寄機を設置する。返送汚泥は反応タンクに返送するとともに、余剰汚泥は機械濃縮のための汚泥貯留槽に送泥する。
ろ過施設	放流水域への放流前に二次処理水をろ過処理するためにディスクろ過器を設置する。ろ過水は下水処理場内においても活用する。
重力濃縮槽	重力の作用により生汚泥を濃縮する。重力濃縮槽には汚泥掻寄機を設置する。重力濃縮槽から引き抜かれた濃縮汚泥は、濃縮汚泥の混合槽に送泥する。
機械濃縮施設	余剰汚泥を凝集させてベルト濃縮機により濃縮する。機械濃縮のために汚泥供給設備、凝集剤供給設備及び汚泥貯留設備を設ける。ベルト濃縮機からの濃縮汚泥は、濃縮汚泥の混合槽に送泥する。
嫌気性消化槽	混合濃縮汚泥を嫌気性消化槽に投入する。消化槽は中温加温式の単段消化とし、汚泥加温設備を設置する。消化汚泥は、機械脱水のための汚泥貯留槽に送泥する。消化ガスはコージェネレーションシステムにより電力発電と消化槽の加温に有効活用を図る。
機械脱水施設	消化汚泥を高分子凝集剤の添加により凝集させてスクリュープレス脱水機により脱水する。機械脱水のために汚泥供給設備、凝集剤供給設備及び汚泥貯留設備を設ける。脱水ケーキは、ストックヤードに貯留後、最終処分地に搬出する。
汚泥燃料化施設（将来）	将来、汚泥燃料化施設を導入する。汚泥燃料化施設は、石炭の代替燃料として利用が可能な燃料化汚泥を生産する。汚泥ケーキから燃料化汚泥を生産する技術は複数ある。

汚泥濃縮の果たす役割は、水処理施設で発生した低濃度の汚泥を濃縮し、その後続く、汚泥硝化や汚泥脱水を効果的に機能させることである。最初沈殿池で発生する生汚泥は、比重が大きく重力沈降し易いことから、初期投資が安く維持管理が容易な重力濃縮槽で濃縮する。一方、最終沈殿池で発生する余剰汚泥は、比重が小さく重力沈降が困難であることから、難濃縮性の汚泥に対して確実な濃縮効果が得られる機械濃縮で濃縮する。

6.5 施設計画

6.5.1 施設計画の基本方針

BVK は、大規模下水処理場には安定した処理を確実にするために、確立された技術の導入を望んでいる。また、同時にこれまでは余り省みられなかったが、今後は事業の持続性の観点から省資源、省エネルギー技術の導入も望んでいる。こうした点を考慮し以下の方針で施設を計画した。

- 初期投資、運転・維持管理費用および更新費用を含むライフサイクルコストの低減化の配慮を図る
- 必要な予備機の設置、SCADA システムと計装機器による自動化の導入により安定かつ容易な運転を可能とする
- 高効率技術の導入、運転方法の最適化および水理的損失の最小化により省エネルギー化を図る
- 段階的な施設整備により初期投資の低減化を図る
- 環境・社会影響の配慮

6.5.2 施設計画の基本方針

Veliko Selo 下水処理場の汚水処理施設及び汚泥処理施設の施設計画に使用する設計基準を表 6.33 に示すように設定した。

表 6.33 設計基準

No	項目	設計基準
1.	沈砂池	
1-1	水面積負荷	1,800 m ³ /m ² /日
1-2	平均流速	0.3 m/秒
1-3	水理的滞留時間 (HRT)	30-60 秒
2.	最初沈殿池	

No	項目	設計基準
2-1	水面積負荷	50 m ³ /m ² /日
2-2	有効水深	3.5 m
2-3	越流負荷	250 m ³ /m/日
2-4	生汚泥のSS濃度	2.0 %
3.	反応タンク	
3-1	MLSS濃度	3,000 mg/L
3-2	溶存酸素濃度	2.5 mg/L
3-3	水理的滞留時間 (HRT)	17.7 時間
3-4	返送汚泥のSS濃度	0.9 %
3-5	返送率	50 %
3-6	循環率	0 %
3-7	固形物滞留時間 (SRT)	10.7 日
4.	最終沈澱池	
4-1	水面積負荷	20 m ³ /m ² /日
4-2	有効水深	4.0 m
4-3	越流負荷	150 m ³ /m/日
4-4	余剰汚泥のSS濃度	0.9 %
5.	ろ過	
5-1	ろ過速度	500 m/日
6.	重力濃縮	
6-1	固形物面積負荷	20 m ³ /m ² /日
6-2	濃縮汚泥のSS濃度	4.0 %
6-3	固形物回収率	85 %
6-4	有効水深	4.0 m
7.	機械濃縮	
7-1	濃縮汚泥のSS濃度	4.0 %
7-2	固形物回収率	95 %
7-3	凝集剤注入率	0.3 %
8.	嫌気性消化	
8-1	消化日数	4.0 %
8-2	消化温度	35 度
8-3	有機分率	70 %
8-4	消化率	50 %
8-5	消化汚泥のSS濃度	2.6 %
8-6	消化ガス低位発熱量	21,000 kJ/m ³
8-7	消化ガス発生量	0.50 m ³ /kg
4.	汚泥脱水	
4-1	運転時間	24 時間
4-2	脱水ケーキ含水率	79 %
4-3	固形物回収率	95 %
4-4	凝集剤注入率	1.5 %

6.5.3 水位高低計画

以下に挙げる水位条件及び基本方針に基づいて各施設の水位を計画する。

- Veliko Selo 下水処理場への遮集管の最終路線は現在、建設中であり、最終地点の管底高は 68.72m で計画されている。
- 放流水域であるドナウ川の計画高水位は、放流地点の下流側でのダムにより 75.60m である。
- 電力消費量及び初期投資の削減、運転管理の容易化、運転時の誤操作及び事故による下水処理場内における溢水の危険の低減化のために、汚水処理工程における汚水を揚水する回数を最低限にする。
- 汚水処理において各水槽に均等分配するために完全越流堰を有する分配井を設ける。
- 下流の水位の影響を受けないように各施設の水位高低を計画する。

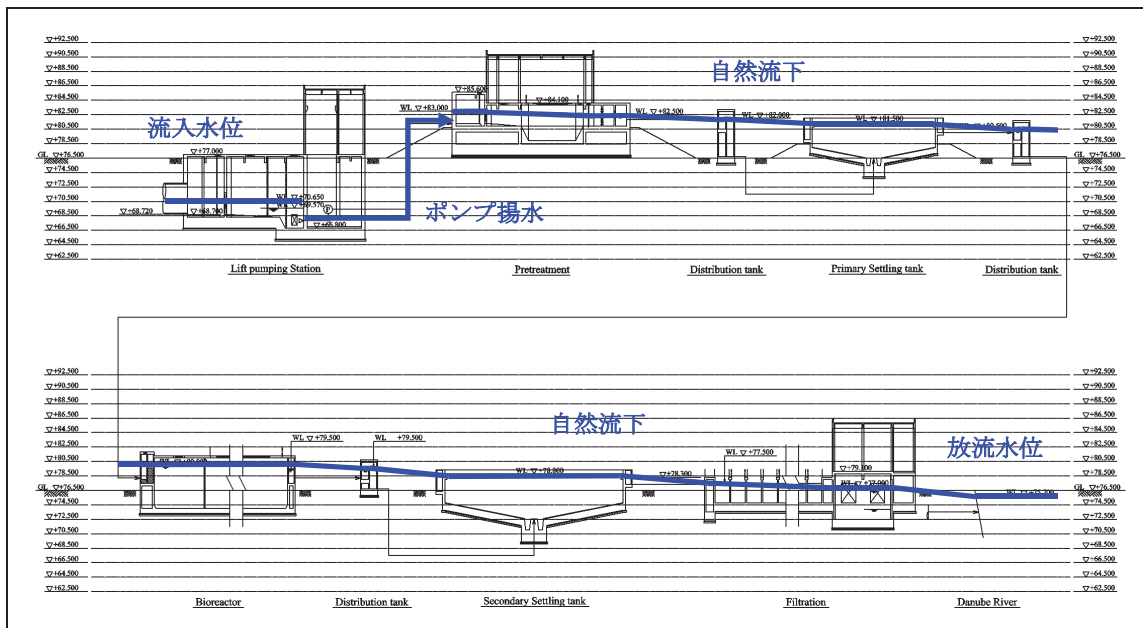


図 6.31 水位高低計画

6.5.4 施設配置計画

以下に挙げる用地条件及び基本方針に基づいて各施設の配置を計画する。

- Veliko Selo 下水処理場における遮集管の到達地点から、汚水は用地の北西側から

流入する。

- 処理水の放流先であるドナウ川は、用地の北側に位置する。
- 施設の日常の運転・維持管理の作業性を考慮して効率的な作業動線が確保できるように処理プロセスを考慮して計画施設をグループ化する。
- 計画施設は処理過程での汚水及び汚泥の流れが最適となるように配置する。

計画施設のゾーニング、汚水系統の流れ及び汚泥系統の流れを図 6.32、図 6.33 及び図 6.34 に示す。

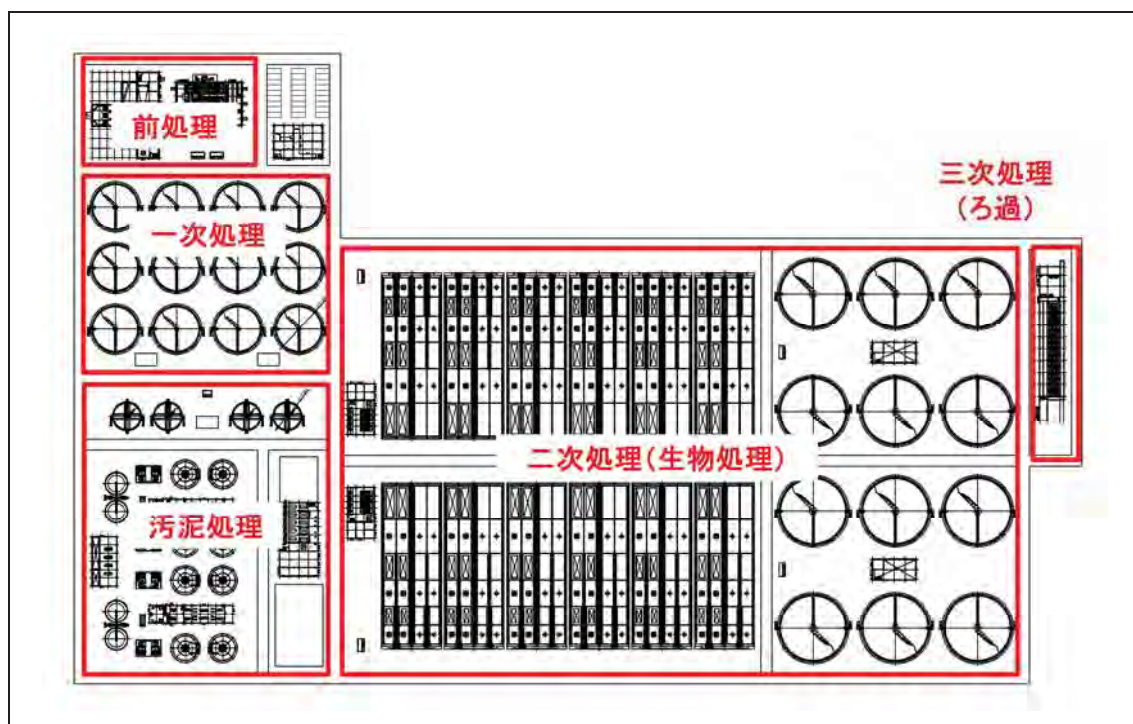


図 6.32 計画施設のゾーニング

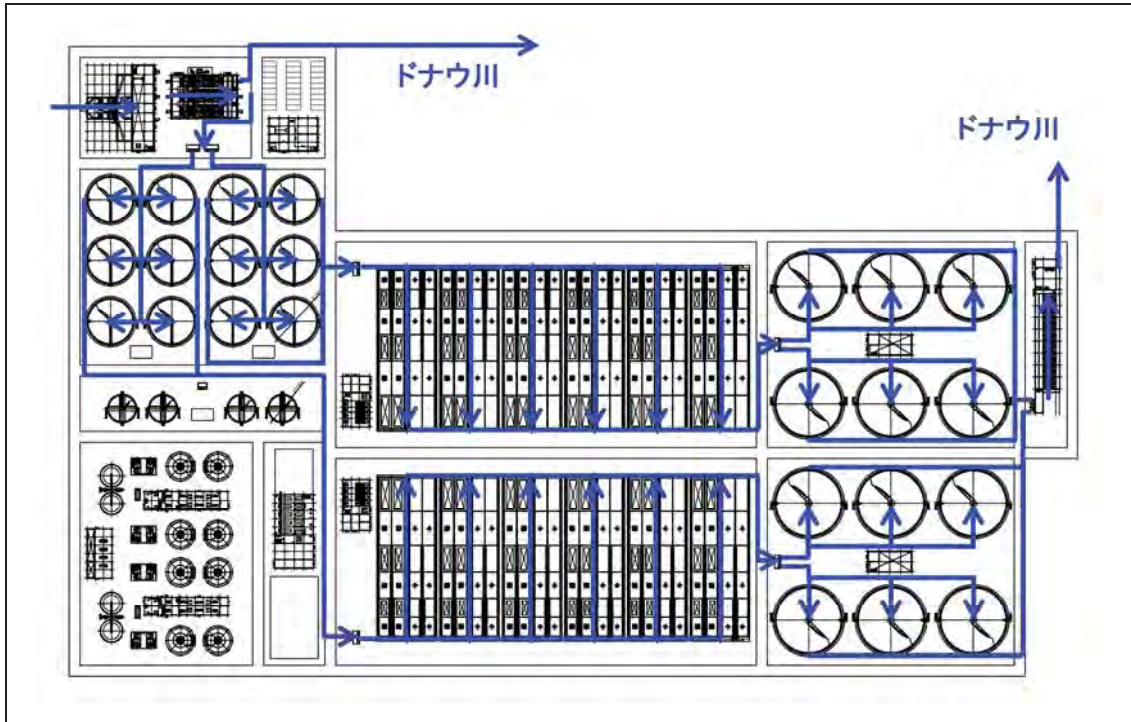


図 6.33 汚水系統

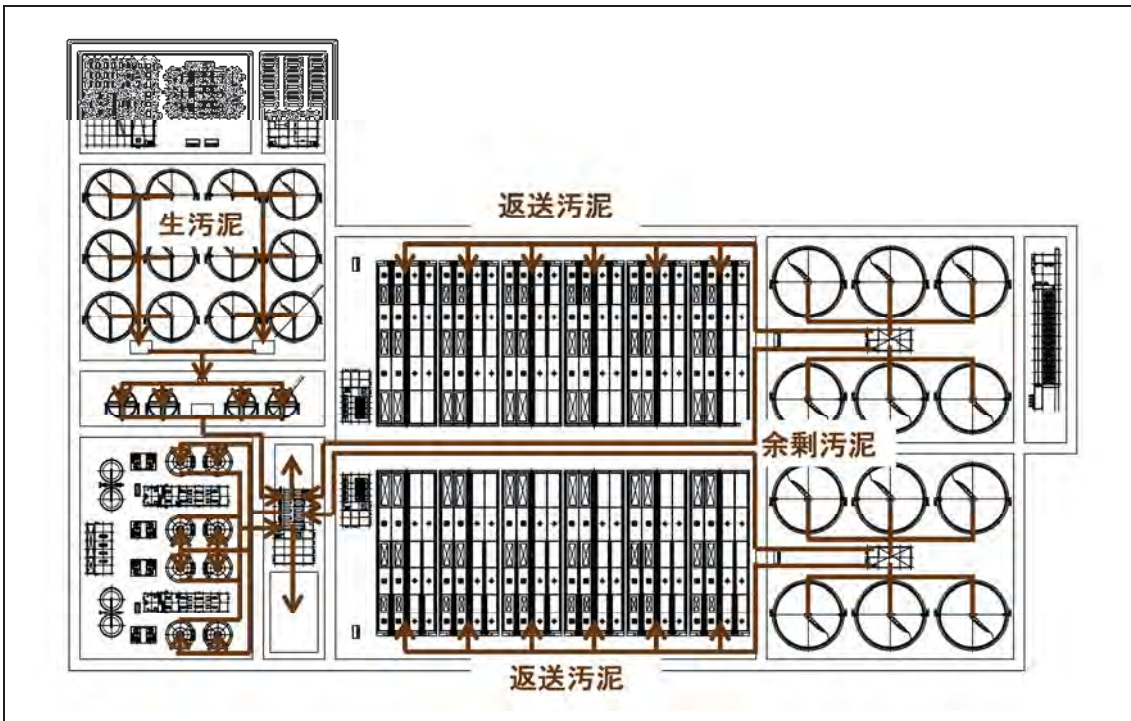


図 6.34 汚泥系統

以下に挙げる場内整備を計画する。

- 景観に調和し、周辺環境への不快観を緩和するために、下水処理場の用地境界には緑地干渉帯を確保する。
- ドナウ川の氾濫による浸水から施設を守るため、ドナウ川の高水位より 4m 高い堤防を川沿いに設ける。
- 場内道路の道路幅は、維持管理の作業性を考慮して最低 4m を確保する。
- 場内への進入道路は、安全確保と将来の増設時の工事道路の確保を考慮して 2 箇所設ける。
- 維持管理時にドナウ川から薬品等の消耗品の搬入及び脱水ケーキの搬出が可能となるようにドナウ川へのアクセス及び荷揚げ場を設ける。
- 場内の雨水排水は、ドナウ川に排水する。
- 場内の汚水排水は、揚水ポンプ場の流入渠に排水する。

場内整備計画を図 6.35 に示す。

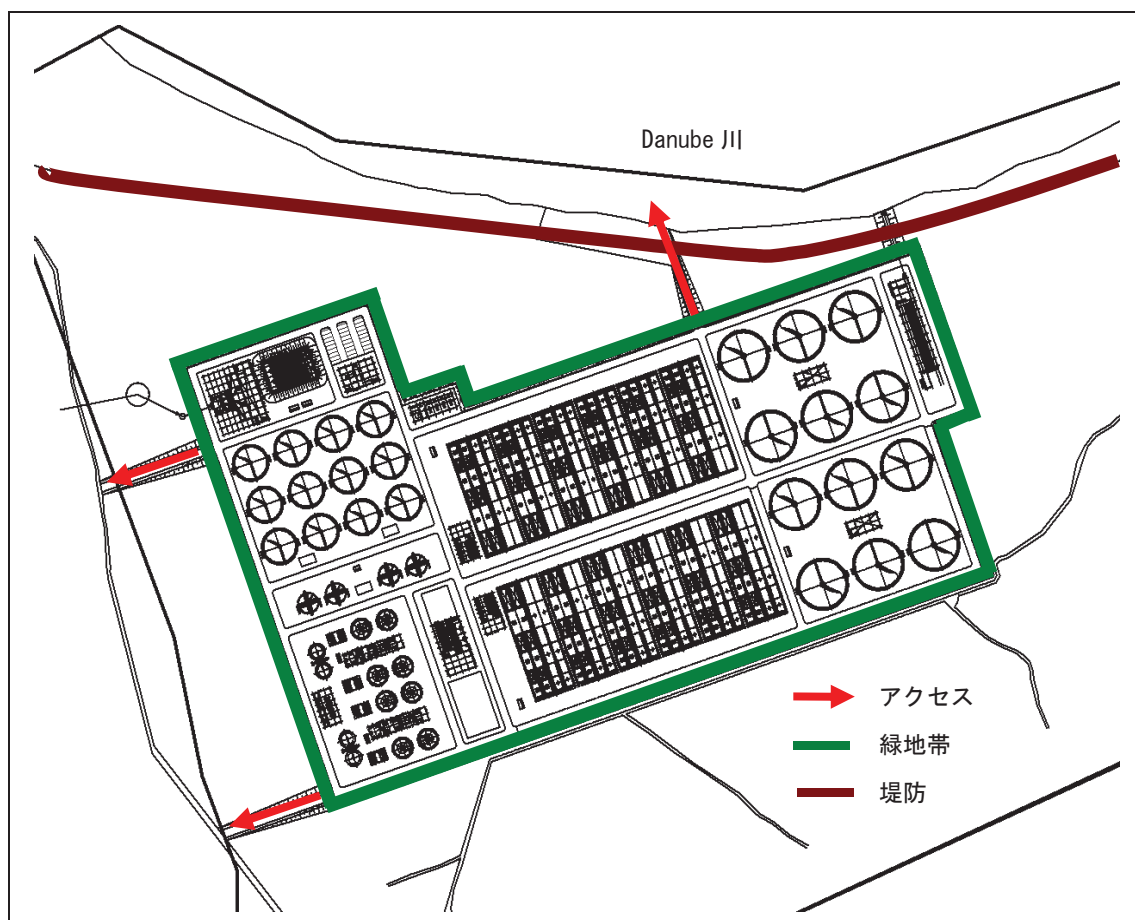


図 6.35 場内整備計画

6.5.5 電気システム計画

(1) 概要

Veliko Selo 下水処理場は 9000kW に及ぶ電力消費となるので、電気システムの設計においては高い信頼性、高効率、運用の自由度、適正な建設・運転コストを考慮する。設計方針は以下とし、広い敷地に分散する負荷設備へ効率的に配電する。

- すべての機器のモーター電圧は、低圧 400V とする (12 台のリフトポンプを含む)
- 変圧器の構成は、100%の予備容量を持つ 2 バンク構成とする
- 電力配電は、2 回線システムとする
- 通常の運用に必要な容量を持つスタンバイ発電機を導入する
- バイオガス発電機によるコージェネレーションシステム (消化槽の加温) を導入する

(2) 電気システム案

Veliko Selo 下水処理場の配電システムを最適化するため、表 6.34 に示す配電システムと表 6.35 表 6.35 に示すスタンバイ発電機システムとの組合せにより、表 6.36 に示す電気システムの代替案を作成した。

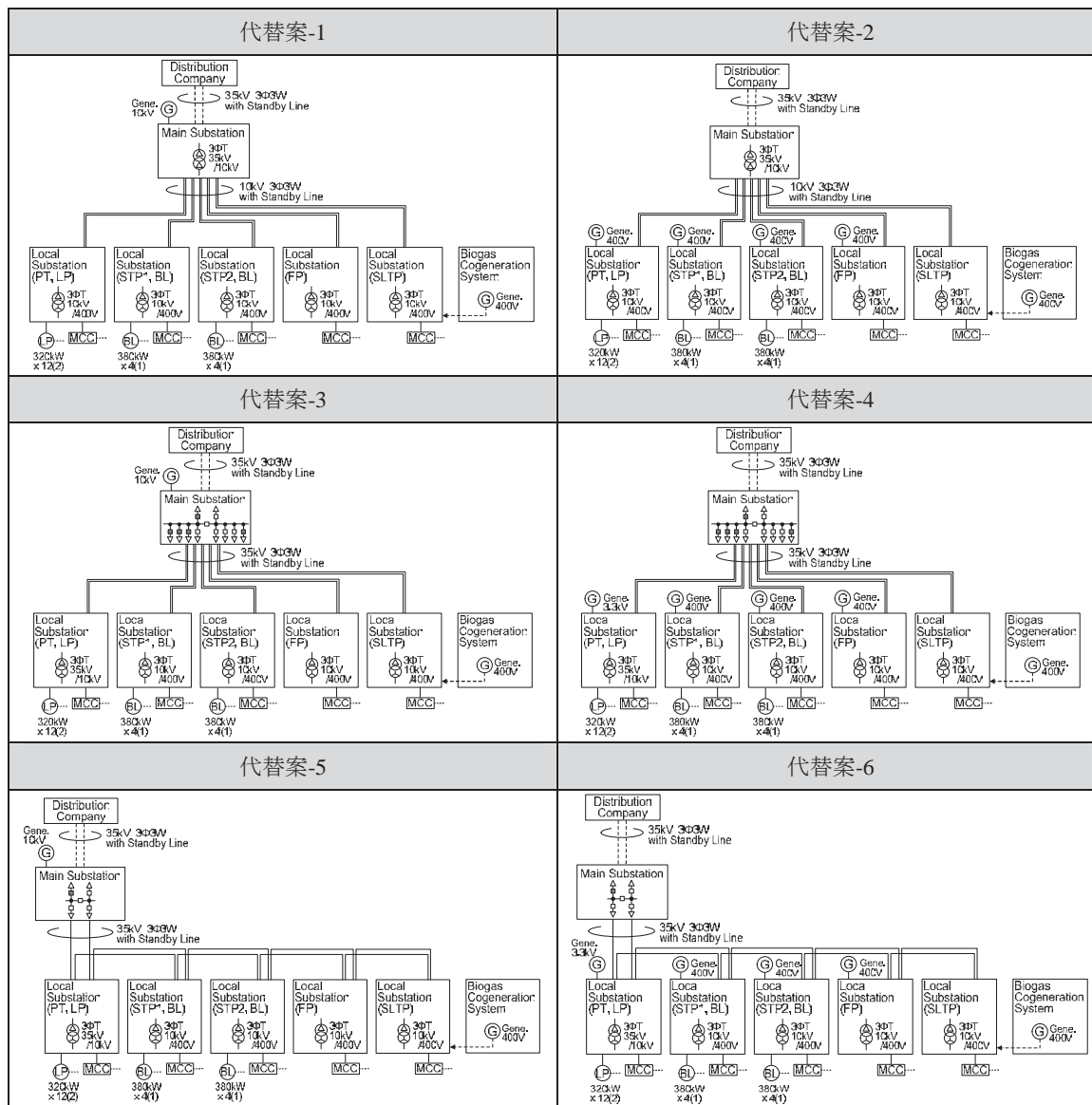
表 6.34 配電システムの代替案

方式	概要
集約変電所	主変圧器を、主変電所に設置する。配電のための中間電圧を10kVとして、35kVの配電線と場内の配電回路を切り離す。
分散変電所	主変圧器を、各ローカル電気室に設置する。電力会社からの受電電圧と同じ35kVが、場内の配電電圧となる。そのために、保護システムは、故障を波及させないため高い信頼性で正確に動作しなければならない。場内配電のための中間電圧がないため、配電における効率は集約変電所システムに比べて高い。
2回線ネットワーク	上述のシステムから、このシステムを導くことができる。配電と変圧器1次側の回路が単純化される。ベオグラードの電力配電方式では、電力会社が受電回路と変圧器に関する責任を持ち管理する。この方式は、設備の操作・管理がシンプルかつ容易である。

表 6.35 スタンバイ発電システムの代替案

方式	概要
集約設置	処理場の全てに必要な電力を供給できるスタンバイ発電設備を、主変電所内（又はその近く）に設置する。発電電力は、主変電所の10kV母線に接続する。
ローカル変電所に分散設置	各ローカル変電所に、その地区で必要な電力を供給できるスタンバイ発電設備を設置する。各ローカル変電所の発電機は独立して運転し、並列運用（電力の融通）は行わない。

表 6.36 電気システムの代替案



(3) 電気システムの最適案

電気システムに関して技術的に検討した結果、代替案-1 の電気システムを基礎に水処理施設への配電方式に 2 回線ネットワーク方式を取り入れたシステムとする。以下に電気システムの基本方針をまとめる。

- 降圧（主）変圧器を主変電所に設置して 10kV を中間配電電圧とする。
- 集約型のスタンバイ発電設備は主変電所に隣接して設置する。
- スタンバイ発電機の出力量は中間配電電圧と同じ 10kV とする。
- 汚泥処理施設は主変電所とバイオガス発電設備の双方向から電力供給が受けられるとする。
- 各ローカル変電所への配電方式は以下とする。

主ポンプ・沈砂池：専用の 10kV 平行 4 回線による供給

水処理(1)、水処理(2)、ろ過設備：2 回線ネットワーク方式による供給

汚泥処理：専用の 10kV 平行 2 回線による供給

以上をまとめた電気システムの基本方針をまとめた概念図をに示す。

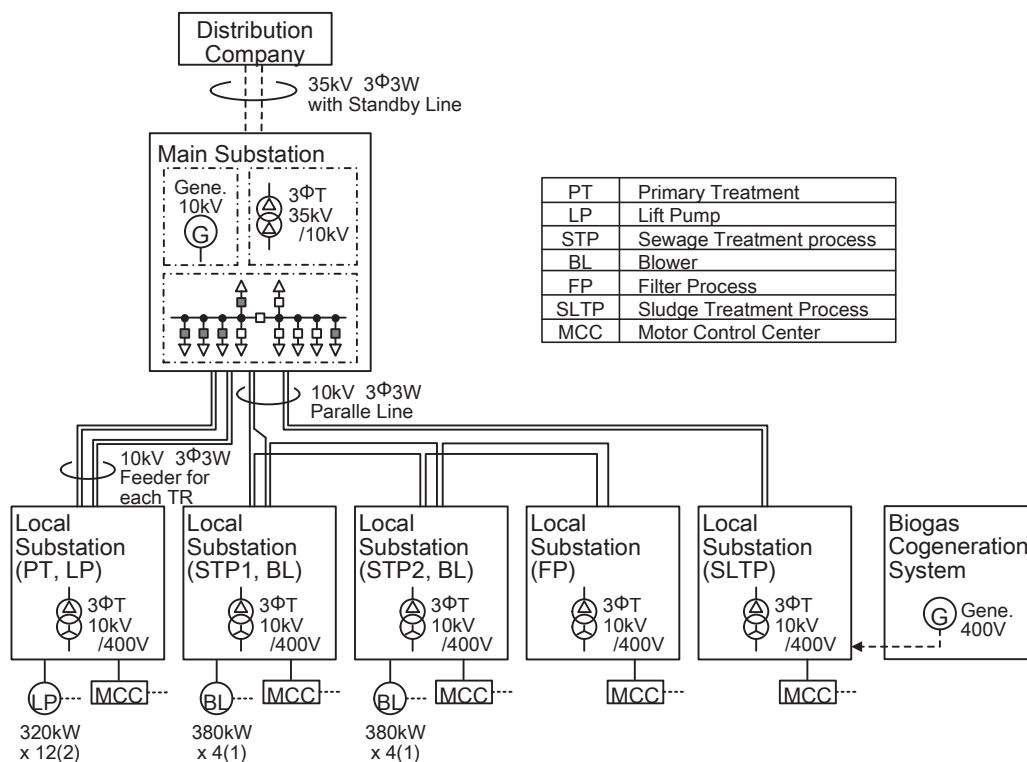


図 6.36 電気システムの最適案

6.5.6 監視制御計画

(1) 概要

ベオグラードでは、下水収集施設を対象とする SCADA システムが Mostar ポンプ場に導入されている。そこでは、約 30 のポンプ場がそれぞれの通信手段で SCADA センターに接続されて、監視と運転が行われている。また、Makis 浄水場では 2010 年に SCADA システムを導入し、運用している。JICA 調査団は、SCADA システムが導入されている Sbotica 下水処理場を訪問し調査した。これらの SCADA システムは、正常に機能している。本プロジェクトでは、SCADA の基本機能だけでなく先進的なテクノロジーの導入を目指す。

(2) SCADA システムの目的

データを収集・保管し、エンジニアの要望する情報を提供することは効果的かつ効率的な運用のための情報の共有化に向けての第一歩である。したがって、全てのデータを運用体制の枠を超えて利用可能な情報にする必要がある。このことは、技術者、水質試験者や操作員にとって、担当する分野の外からの豊富で価値のある公開情報を、最も効果的な方法で得て利用する良いチャンスとなる。また、総合的な改善のため、過去のデータを容易に検索できる。下水処理場の運用においては、「情報の収集 - 情報の解析 - 設備の運用 - 運用結果の評価」、このような運用サイクルが重要である。最初の 2 ステップは、データ収集システムの機能で実現される。次のステップは、エンジニアが設備を運用し、迅速な判断によって制御指標を決定するものである。ここでは、電動操作部を持つバルブや装置が、遠隔操作をするための自動制御システムとして必要となる。通常の運転では、アナログ演算制御やシーケンス制御によって自動制御される。SCADA システムの構成要素の PLC (プログラマブルロジックコントローラー) が、これらの機能を担う。そして、必要と判断したとき、PC 端末を経由して効果的に遠隔操作を行うための設備が構成される。このような遠隔操作と上記のデータ収集システムが、新たな SCADA システムとしての機能を完全に実現する。

(3) データ収集

処理場の運用に必要な情報は、設備の運転状況「運転/停止/故障」や流量、水位、濁度等のアナログ計測量である。これらの信号は PLC の信号入力ユニットに送られ、異常データが選別されて後、すべての信号がプラント運用情報としてサーバーコンピュータ内に記録される。それぞれの情報の書式に基づいたデータベースが、サーバーコンピュータ内に作成される。アナログ計測量は、分・時・日の時間フレームにデータベースが構築され、

他のデジタル信号は、イベントの毎に保存される。これらのデータは、グラフィック画面に状況を表示して、画面のトレンドグラフとして、プリンターに報告書として技術者に提供される。

(4) 制御と操作

収集・保存された情報は、自動制御や補助リレーを介して遠隔操作に利用される。SCADA システムを経由する自動制御や遠隔操作には、設備機器が電動の機械でなければならない。そして、制御システムや制御プログラムは、すべての関連する設定値を含んでよく設計され、過不足ない情報をエンジニアに提供することが必要である。エンジニアは、中央操作室から操作や制御の調整をし、汚泥処理・汚泥脱水においては、サブ操作室で同様の概念が提供される。

(5) オペレーターの役割の変化

操作マニュアルに従っていた過去のオペレーターは、処理プロセスや設備の運転に関する十分な知識が必要であった。そして、試行錯誤を重ね先輩から習得し、定められた基準や手順を守る演習に基づいて決定を下していた。

現代の新たなオペレーターは、リアルタイムで問題を解決し、単純に一連の業務における一つのセクションの専任に止まることなく、万能なスタッフとしての責任が急増し、多面的能力を持つ従業員へと変化した。オペレーターはまた、チームの重要な要員で、増大した責任が長所となってこの役割の効率性を高めている。オペレーターは、論理的に考え、計画し、迅速に問題解決し、データ処理する広範なソフトを駆使し、組み合わせ、高度で合理的な解析の自動化を図る能力が必要である。最新の SCADA システムは上記の目的に合った使いやすい意思決定ツールとなる。

(6) ビデオ・モニタリング・システム

画像データには、形、色、動き、周囲の状況、音、異常な状況、侵入者・動物などの様々な情報が含まれている。カメラや周辺機器の調達コストは、IT の進化に伴って安価となり、劇的なコンピュータ性能の向上によって、VMS や CCTV の分野は、単なる監視目的だけでなく応用範囲が広がりつつある。Veliko Selo 下水処理場では、VMS の積極的な導入により、SCADA システムの付加価値を高めものとするが、このような成長過程の技術を検討するときは、現時点のニーズに注目するだけでなく、将来計画を考慮することが重要である。もちろん、VMS の目的の一つは、中央操作室で画像監視を行う処理場の警備システムである。

各ネットワークカメラは、パン、ズーム、フォーカス、ライトやプリセット制御の機能を持っている。「ヴァーチャル・サイト・ツアー」は、巡視点検を画像により操作室で行うものである。巡視のスタート地点から巡視ルートに沿ってカメラを次々に切替え、監視対象にプリセット機能によってピントを合わせて行くことで実行される。カメラが最終地点に到達すれば、およそ 3km に及ぶ「ヴァーチャル・サイト・ツアー」が完結する。この機能は、訪問者の安全な処理場案内にも活用できる。

(7) 自動制御

自動制御の目的は、放流水の水質の安定化と下水処理場の適切で確実な運転を行うことである。24 時間連続の自動制御と監視システムは、自律した下水処理場のために不可欠の技術であると共に、経験豊富な技術者の判断も、下水処理場の運用には欠かせない。効率的に下水処理場を運用するためには、毎日の下水、放流水、汚泥、脱水ケーキの量と質の評価が必要であり、エネルギー管理のために電力の指標も計測される。下水処理場の自動化の必要性について、現在では議論の余地はなく、制御対象を詳しく分析して自動制御を必要とする目的の反映が大切です。

- ▶ 運用状況の改善（自動システムの基本目的は、繰返し作業や複雑な作業を排除することで、重要で頻繁に操作するバルブ等を電動化する。）
- ▶ 処理場性能の改善（第一の目的は処理水質の向上であり、処理方式やプロセスに関する基準を変更する。処理手順の自動化によって、人為ミスのリスクが減り、信頼性や運用の安全性が向上する。）
- ▶ 遠隔監視の支援（この支援システムの実現のため、計測器や警報機器を設置し SCADA システムへ接続する。自動化は最終目的ではなく、処理場の運用のためのツールとなる。）

一般的に、処理場は水質の変動は緩やかであるが、処理水量においてしばしば大きな変動があるプロセスである。従って、そのような特徴を持つ処理場に自動制御を導入する場合、流量を基本的な制御因子とする。人の介在なしで完全に自動運転する処理場はあり得ず、オペレーターが常に処理場にいらなくても、必要な調節、定常的な監視、保守業務及び分析業務のために技術者が必要である。

(8) 計装設備

流量の計測は下水処理場の運用において重要である。2種類の流量計（超音波式と電磁式）が一般に使用され、汚泥や凝集薬品の計測には電磁流量計がよく使われる。水位計測もまた処理場の運用や制御のために重要であり、電波式や超音波式の水位計が使用される。このタイプの水位計は、下水、汚泥や薬品に直接接触することなく計測できる特徴を持つ。可動部品がなく単純な計測方式のレーザービーム方式の汚泥濃度計が、汚泥濁度の計測に使用される。流入下水の温度や反応槽の pH、DO、SS、その他の計測指標が活性汚泥の状態を判断するために計測される。放流水の温度、pH、濁度や COD（または UV）は、環境を保全する放流水質であることの確認に役立つ。

(9) SCADA システムの最適案

Veliko Selo 下水処理場に向けた SCADA システムの最適案を図 6.37 に示す。

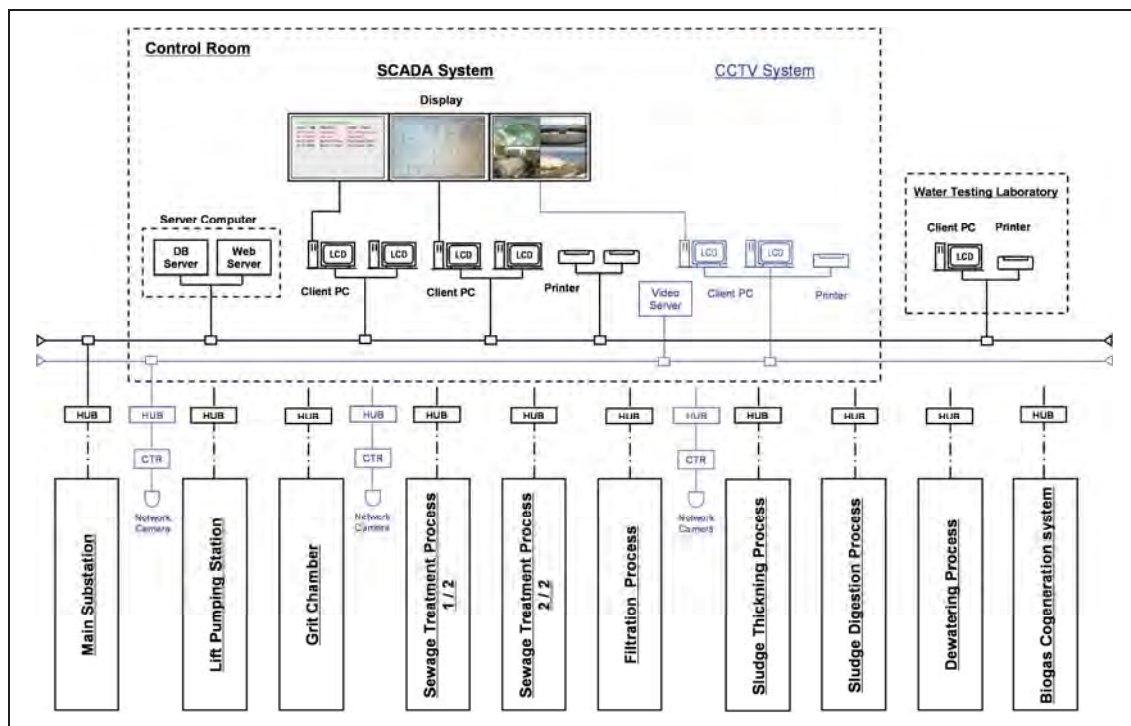


図 6.37 SCADA システムの最適案

6.5.7 コージェネレーションシステム

消化槽の嫌気処理プロセスにおいて発生するバイオガスは、50-75%のメタンを含む有用な

エネルギーソースであり、コストのかからないグリーン（環境に優しい）燃料である。バイオガスは、多くの下水処理場で、現在は主として消化槽内の汚泥の加温に使われている。本プロジェクトでも、温水ヒータでバイオガスを燃焼して、熱交換器にて汚泥加温を行う加温システムを設置する。

バイオガスは前述のようなメタンリッチな気体燃料であり、近年は汚泥の加温だけでなく発電設備の燃料としても利用する社会的傾向にある。電力は送配電が容易に行えるため、簡単かつより効果的に活用でき、さらに、CHP（熱電併給システム）のガスエンジンによりエンジンの排熱を消化槽の加温に利用することができる。

消化槽を加温するコージェネレーションシステムが、バイオガスの有効活用のために推奨される。そのコージェネレーションシステムは、バイオガスホルダーが短期間のバイオガス貯蔵の機能を持つので、定格容量までの範囲で発電電力を制御でき、ピーク電力を抑えることができる。一方、頻繁な始動／停止は熱ストレスを増やし運転寿命を短くするので、詳細設計の段階で運転計画を検討する必要がある。バイオガス発電システムは、次の二つの運転モードを持つ。

- 電力回線との同期（並列）運転
- 発電機としての単独運転

バイオガスの発電電力は母線に接続されるので、消化槽からのバイオガスの全量を発電システムで効果的に使用できる。バイオガスによる発電電力は、汚泥処理設備の上流側に送電されが、処理場の消費電力が常にバイオガス発電を上回ることで、電力回線へ送電（売電）されることはない。

コージェネレーションシステムの設計概要を図 6.38、図 6.39、および図 6.40 に示す。

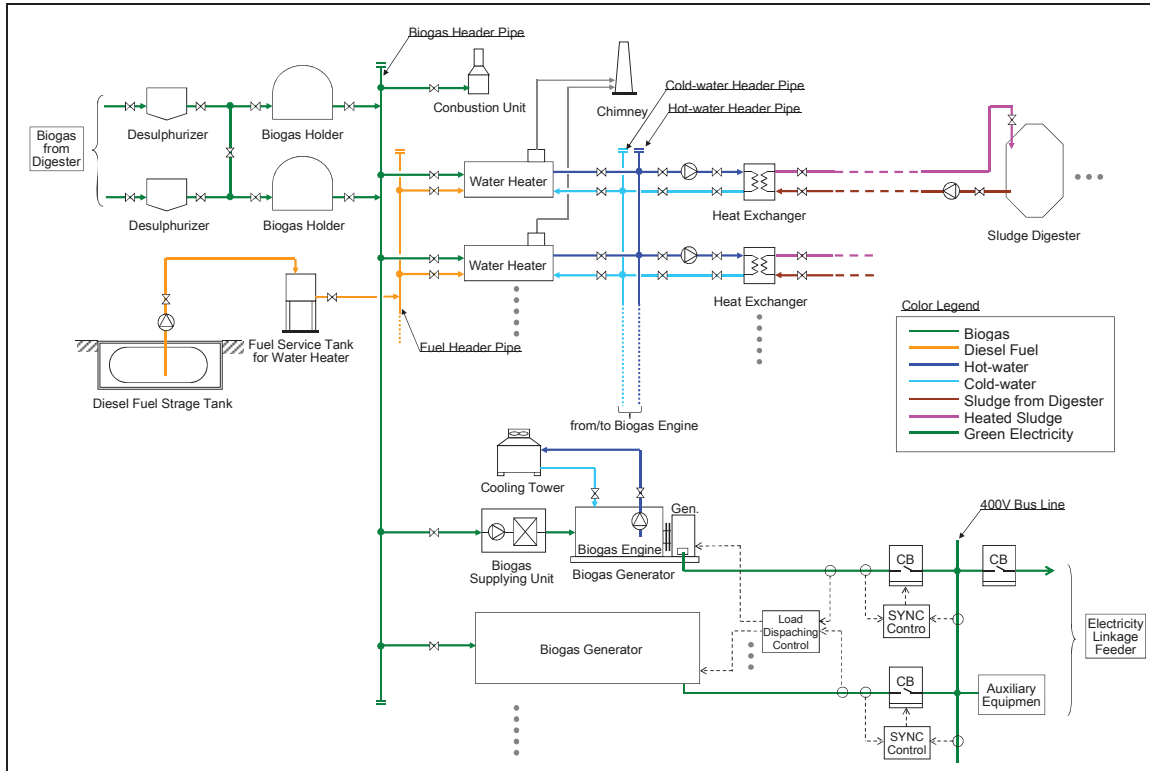


図 6.38 バイオガスの有効活用

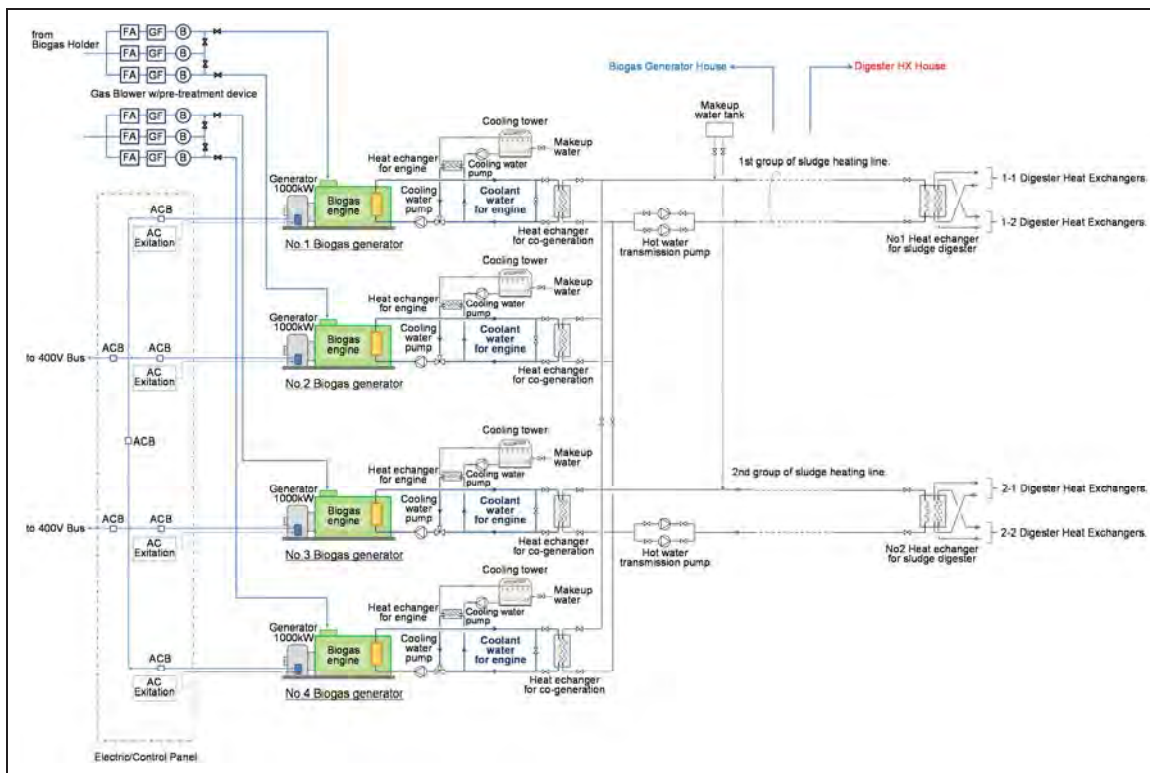


図 6.39 コージェネレーションシステム

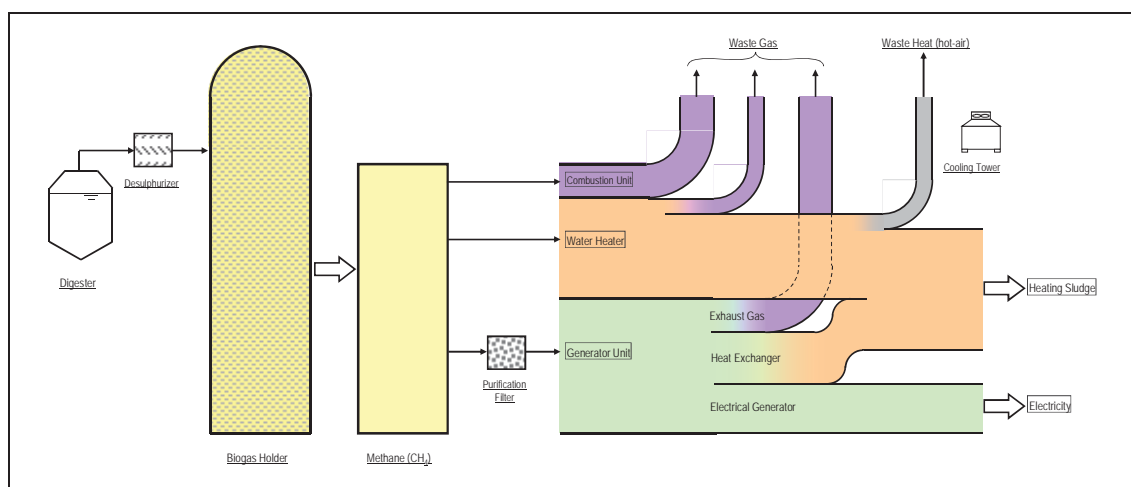


図 6.40 バイオガスの熱収支

6.5.8 生物処理の運転管理

浮遊性活性汚泥を用いた有機物及び窒素の除去の観点からは、ステップ流入式多段硝化脱窒法における反応タンクで生じる各種物理学的・生物化学的反応は、従来の生物学的窒素除去法と同様である。したがって、運転管理上の留意点は、従来法で必要とされる留意点と同様であるが、その中でも特に注意を要する点及び本法のプロセス上特別に注意を有する点を以下に挙げる。

- 反応タンク流入水の分配状況を確認する
- 硝化細菌保持に必要な ASRT を確保できるように汚泥管理を行う
- 硝化タンクにおいては、硝化の反応に必要な最低限の DO 濃度を維持管理するとともに、適宜、アンモニア性窒素濃度を測定して硝化の進行状況を確認する
- 脱窒タンクにおいては、適宜、硝酸性窒素濃度を測定して脱窒の進行状況を確認する

上記を踏まえて、本法における反応タンクを適切に管理するために必要な計装機器類の設置個所を図 6.41 に示すとともに管理内容を及び表 6.37 にまとめる。

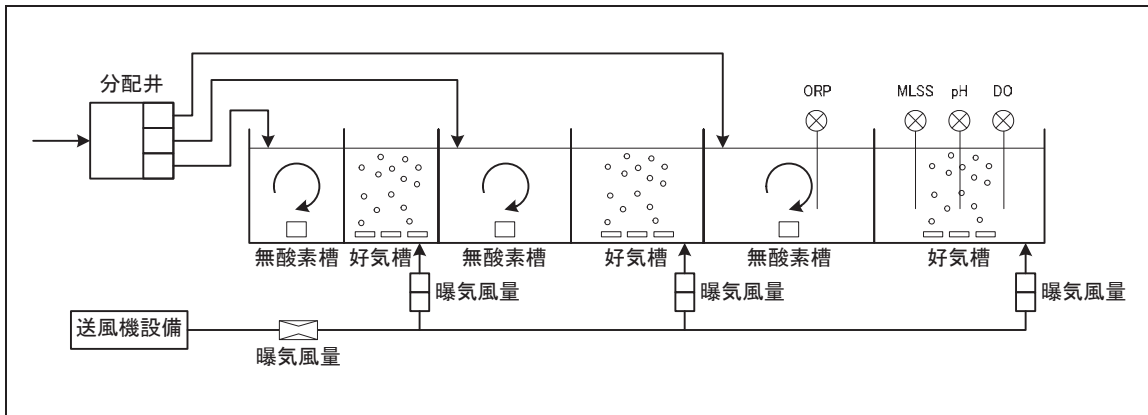


図 6.41 計装機器の設置箇所

表 6.37 計装機器の管理内容

項目	管理内容
溶存酸素濃度	硝化細菌の系内保持に必要なASRTを確保するとともに、硝化を阻害しない程度のDO濃度を維持することが重要である。硝化タンクで維持するDO濃度は、動力費に係わる経済性の観点と、脱窒タンクへのDO持込み量の増加による脱窒への悪影響を考慮して設置する。一般的には1-2 mg/l程度とすれば十分である。DO計の設置位置は、本法では各段の負荷が統一化され、同容量の散気装置が設置されることが原則であることから、最終段の硝化タンクに設置することが通常である。
ORP	脱窒タンクの無酸素状態の維持を確認するため、ORP計を設置して酸化還元電位（ORP）を測定することが有効である。ORP値の管理目標値は、実運転におけるORP値と残留した硝酸性窒素の相関を確認し、各下水処理場で決める必要がある。
pH	硝化の進行によりアルカリ度が消費されると、混合液のpHが低下し硝化反応に影響を及ぼす。硝化反応に阻害が生じないためには、硝化タンクのpHを6.5以上（中性域）に維持することが必要であるため、pH計を設置してpHを監視する。
曝気風量	硝化タンクのDO管理と散気装置の運転管理（送気量及び送気バランスの管理）のため、曝気風量計を各硝化タンクに設置する必要がある。
MLSS	適正なMLSS濃度は、必要なASRTの維持と最終沈殿池における汚泥の沈降分離機能により決定される。本法では最終段硝化タンクで2,000-3,000 mg/lとすることが通常である。硝化細菌の増殖速度は水温の影響を強く受けるので、特に冬季においてASRTの管理が重要となる。また、流入負荷の変動などに対してもMLSS濃度の調整により対応が可能であり、MLSS計により管理することができる。

6.5.9 施設設計の概要

表 6.33 に示す設計基準と EN 12255 をもとに、主要な施設の規模および機器の仕様を算定する。施設容量計算から得られる計画施設の概要を表 6.38 にまとめる。計画施設の施設容量計算は、Appendix-I に示す。計画施設の一般配置図、水位高低図、汚水処理フローシート及び汚泥処理フローシートを図 6.42、図 6.43、図 6.44 及び図 6.45 に示す。計画施設の概略設計図面を図面集に示す。

表 6.38 計画施設の概要

No	施設 / 寸法 / 仕様	数量
1.	揚水ポンプ施設	
1-1	揚水ポンプ (94m ³ /分 × 18m × 400kW)	12台 (2台予備)
1-2	荒目除塵機 (水路幅: 4.5m)	3台
2.	前処理施設	
2-1	エアレーティッド沈砂池 (3.5mW × 18mL)	6水路
2-2	細目除塵機 (水路幅: 2.5m)	6台
3.	最初沈澱池	
3-1	最初沈澱池 (直径34m × 3.5mD)	12池
3-2	汚泥掻寄機 (円形掻寄機)	12台
4.	反応タンク	
4-1	無酸素槽 (10mW × (13.7 + 19.2 + 25.7) mL × 6mD)	48池
4-2	好気槽 (10mW × (13.7 + 19.2 + 25.7) mL × 6mD)	48池
4-3	送風機 (270m ³ /分 × 70kPa × 420kW)	8台 (2台予備)
4-4	返送汚泥ポンプ (16.5m ³ /分 × 8m × 37kW)	24台
5.	最終沈澱池	
5-1	最終沈澱池 (直径49m × 4mD)	12池
5-2	汚泥掻寄機 (円形掻寄機)	12台
6.	ろ過施設	
6-1	ろ過機 (ろ過面積: 114m ²)	12台 (2台予備)
7.	重力濃縮施設	
7-1	重力濃縮槽 (直径21m × 4mD)	4池
7-2	汚泥掻寄機 (円形掻寄機)	4台
8.	機械濃縮施設	
8-1	ベルト濃縮機 (能力: 40m ³ /時)	7台 (1台予備)
8-2	凝集剤溶解タンク (バッチ式)	2台
9.	嫌気性消化槽	
9-1	消化槽 (容量: 6,600m ³)	8槽
9-2	消化槽攪拌機 (槽外駆動式)	8台
9-3	ガスホルダー	4台
10.	汚泥脱水施設	
10-1	スクリーンプレス脱水機 (口径: 1000m)	5台 (1台予備)
10-2	凝集剤溶解タンク (バッチ式)	4台
11.	電気施設	
11-1	監視制御システム	1式
11-2	映像監視システム	1式
11-3	自家発電設備 (容量: 2,500kVA)	4台
11-4	コージェネレーションシステム (容量: 1,000kW)	4台

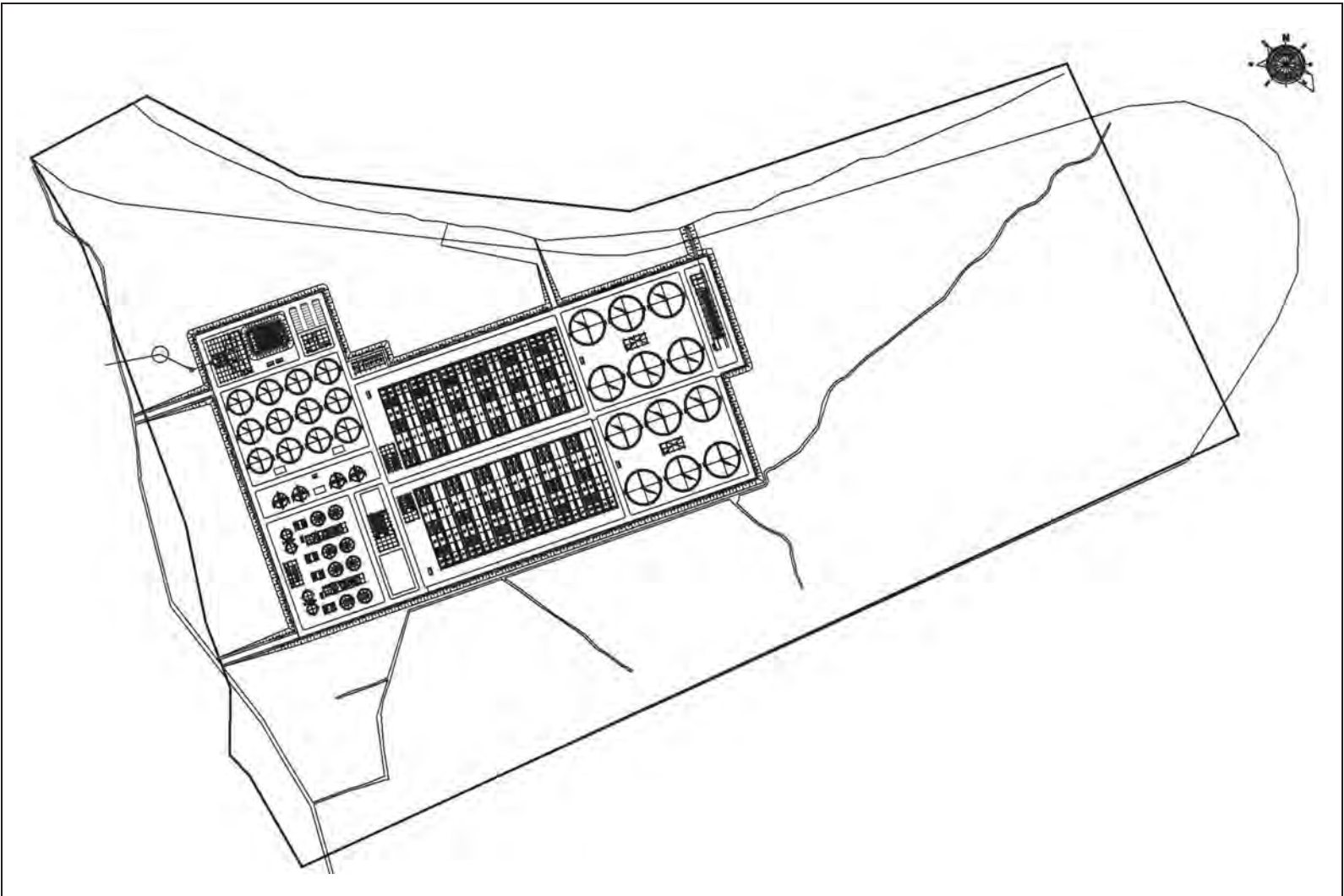


図 6.42 一般配置図

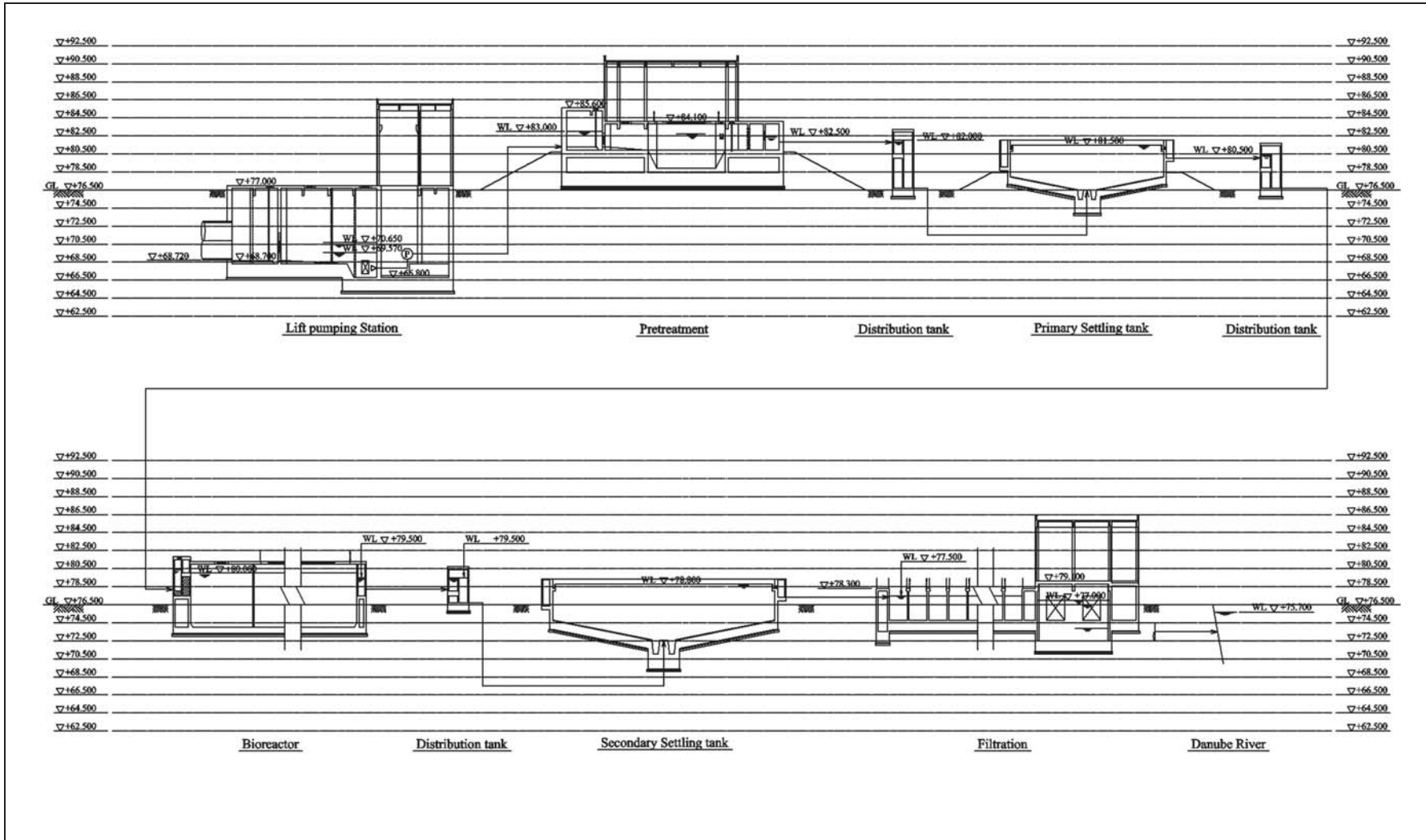


図 6.43 水位高低図

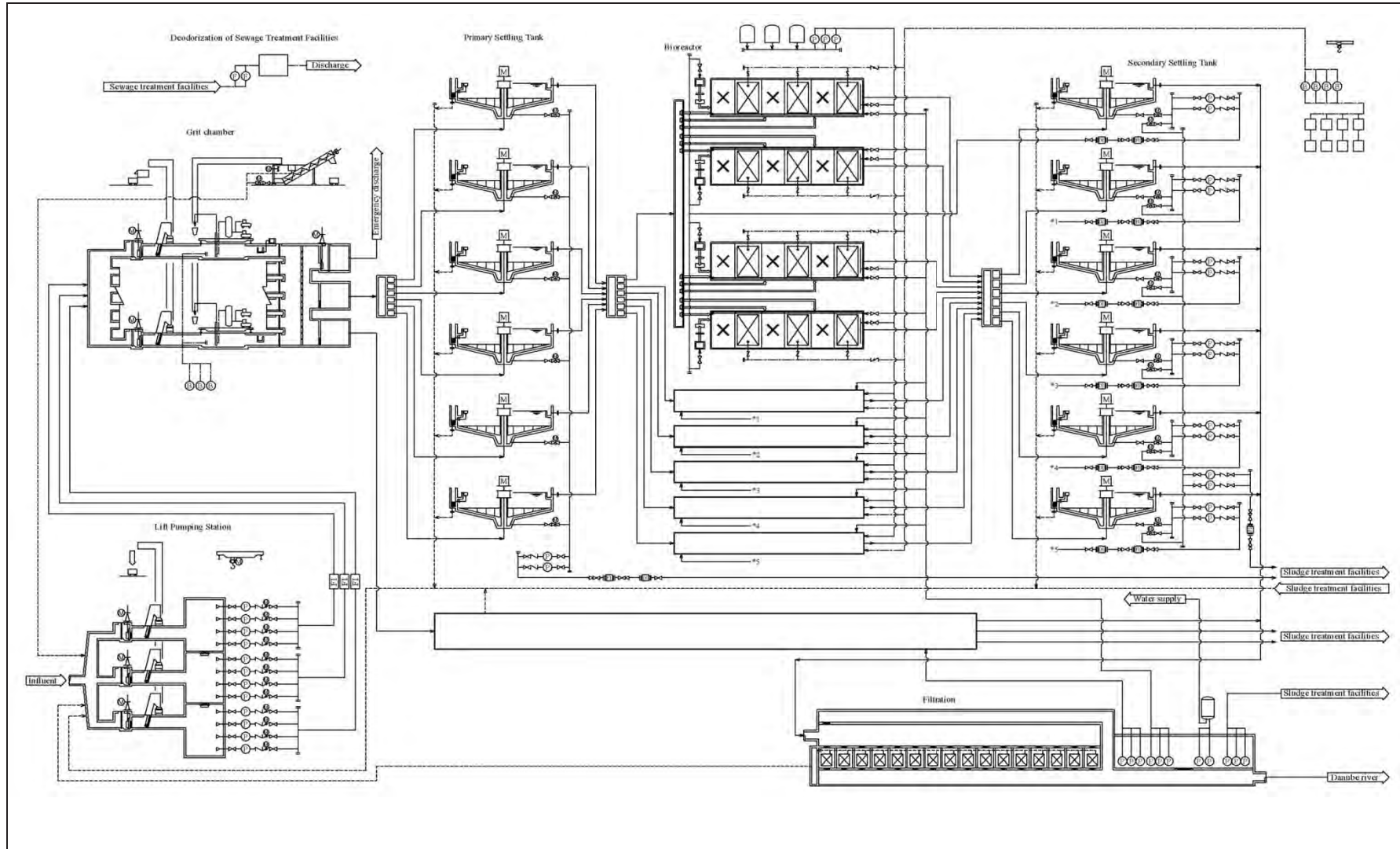


図 6.44 汚水処理フロー

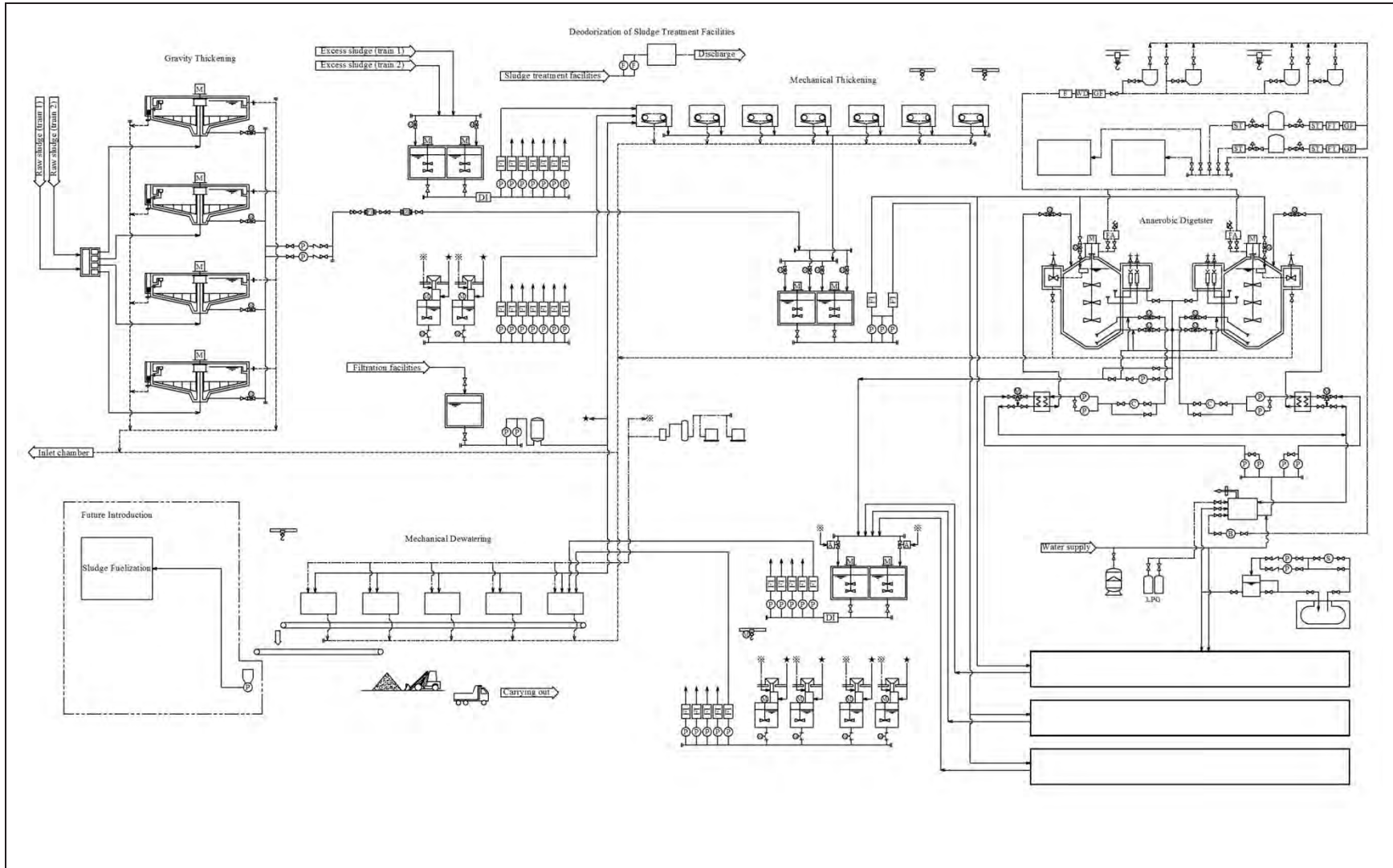


図 6.45 汚泥処理フロー

7. 概算事業費の算定と実施計画

7.1 概算事業費

7.1.1 概算事業費の算定条件

プロジェクト費用は、以下の条件に基づき算出した。

- プロジェクト費用の構成は、建設工事費、事業管理費、コンサルティング費用、予備費（物理的/プライス・エスカレーション）、土地取得・補償費、建中金利、コミットメントチャージおよび税金関連とする。
- プロジェクト費用は、内貨部分（L.C.）と外貨部分（F.C.）に分けて算出する。
- 被援助国の事業管理費は、建設工事費に対して5%とする。
- コンサルティング費用は、コンサルティングサービスに必要な人月（表 7.17）をもとに算出する。
- 物理的予備費は、建設工事費、コンサルティング費用および土地収用費に対して5%考慮する。
- プライス・エスカレーションは、内貨分を2.0%/年、外貨分を2.1%/年とし、実施スケジュール（表 7.12）をもとに算出する。
- 積算時点は2013年1月とし、交換レートは1RSD=0.913円、1EUR=105円および1EUR=115RSDとする。
- 土地取得費および補償費は、LARAP調査の試算による。
- 建中金利は、プロジェクト費用をJICA円借款により資金調達した場合を想定して算出する。（供与条件：優先条件/基準、金利（本体部分）1.2%、金利（コンサルティングサービス部分）0.01%、償還期間25年、据置期間7年）
- 事業実施を促進して事業効果の早期発現を図るために未利用残高（ローン貸付金額から支出金額を引いた金額）に対して0.1%のコミットメントチャージを算定する。
- 税金はセルビア国の付加価値税（VAT）より20%とする。
- プロジェクト費用をJICA円借款により資金調達した場合、建設工事費、コンサルティング費用、予備費（物理的/プライス・エスカレーション）、建中金利およびコミットメントチャージは融資適格項目となり、事業管理費、土地取得・補償費および税金関連は融資非適格項目となる。

7.1.2 建設工事費の算定条件

建設工事費は、以下の条件に基づき算出した。

- 土木・建築資材、労務およびトンネル掘削機械を除く建設機械は、国内で調達が可能のため現地調達を基本とする。

- 機械・電気設備は、EU 諸国、日本等の第三国調達を含む海外調達を基本とする。調達先は、品質性能、経済性および維持管理性等を配慮して選定する。
- 現地施工業者は、経験・能力が十分であることから、施工実施体制には現地業者の活用を図る。
- ドナウ川の増水による洪水から施設を守るため、下水処理場予定地の地盤高を+76.60m まで盛土する。
- 現地の自然条件（地勢・地質条件、気象条件）および法規・慣習に考慮した施工計画とする。

7.1.3 概算事業費の算定

上記に基づいて算出された概算事業費の内訳を表 7.1 に示す。概算事業費は、税金・関税を含めると 437 百万 EUR（459 億円）、税金・関税を含めないと 370 百万 EUR（389 億円）となる。概算事業費の詳細は、Appendix-I に示す。

表 7.1 概算事業費の内訳

No.	項目	内貨部分 (1,000 EUR)	外貨部分 (1,000 EUR)	合計 (1,000 EUR)
1.	建設工事費			
A	Veliko Selo 下水処理場			
A-1	敷地造成	15,386	0	15,386
A-2	揚水ポンプ施設	2,524	6,100	8,624
A-3	前処理施設	2,254	1,402	3,656
A-4	最初沈殿池	5,847	1,612	7,459
A-5	反応タンク	27,725	10,786	38,511
A-6	送風機施設	1,844	4,194	6,038
A-7	最終沈殿池	9,081	3,414	12,495
A-8	ろ過施設	2,351	6,913	9,264
A-9	重力濃縮施設	842	427	1,269
A-10	嫌気性消化槽	26,422	11,408	37,830
A-11	汚泥処理施設	2,277	4,925	7,202
A-12	場内配管	6,418	14,386	20,804
A-13	管理棟	1,886	3,937	5,823
A-14	受変電・自家発施設	1,625	5,275	6,900
A-15	消化ガス発電施設	673	1,853	2,526
A-16	場内整備	2,015	0	2,015
	小計 (A)	109,170	76,632	185,802
B	インターセプター			
B-1	インターセプター (No.1)	6,416	4,623	11,039
B-2	インターセプター (No.2)	3,981	351	4,332
B-3	インターセプター (No.3)	7,752	0	7,752
B-4	インターセプター (No.4)	9,752	0	9,752
B-5	インターセプター (No.6)	3,874	10,587	14,461
B-6	インターセプター (No.10) コレクター含む	5,957	18,906	24,863
	小計 (B)	37,732	34,467	72,199
C	ポンプ場			
C-1	Ušće ポンプ場	3,208	2,806	6,014
C-2	Mostar ポンプ場	1,152	2,300	3,452
	小計 (C)	4,360	5,106	9,466
	小計 (1)	151,262	116,205	267,467
2.	事業管理費	16,799	0	16,799
3.	コンサルティング費用、(注)	7,282	8,800	16,082
4.	物理的予備費 (建設工事費分のみ)	8,456	6,562	15,018
5.	プライス・エスカレーション (建設工 事費分のみ)	16,726	13,522	30,248
6.	土地取得費・補償費 (注)	7,300	0	7,300
7.	建中金利	0	14,116	14,116
8.	コミットメントチャージ	0	2,742	2,742
9.	税金・関税	67,198	0	67,198
	小計 (2-9)	123,761	45,742	169,503
	合計 (税金・関税込み)	275,023	161,947	436,970
	合計 (税金・関税抜き)	207,825	161,947	369,772

(注) 金額には、当該項目に関連する物理的予備費とプライス・エスカレーションを含む。

建設工事費に占める下水処理場、遮集管とポンプ場の比率を図 7.1 に示す。建設工事費に占める Veliko Selo 下水処理場の比率は 69%、インターセプターの比率は 27% およびポンプ場の比率は 4% である。

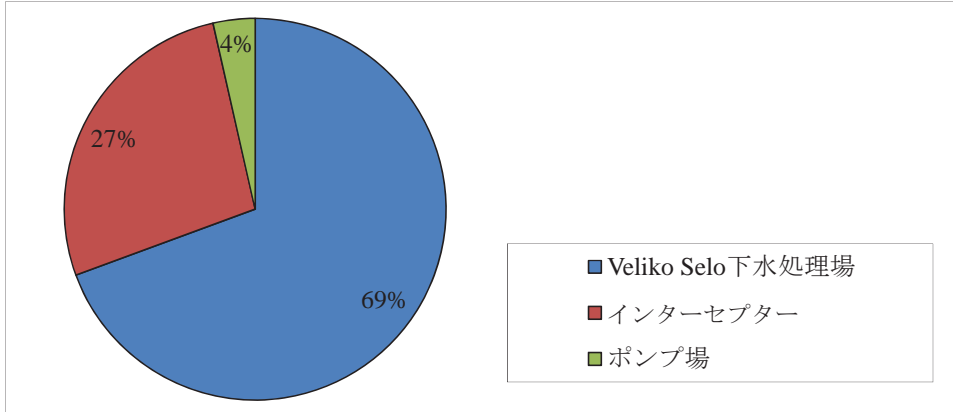


図 7.1 建設工事費の比率

プロジェクト費用に占める各費目の比率を図 7.2 に示す。プロジェクト費用に占める建設工事費の比率は 60% であり、建設工事費以外の間接工事費は 40% である。

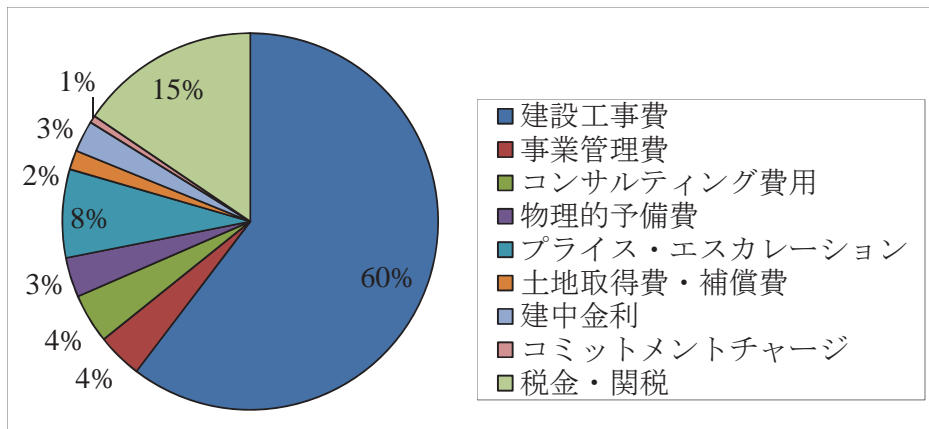


図 7.2 概算事業費の費目別比率

7.1.4 運転・維持管理費の算定

本プロジェクトにより建設される計画施設を運転・維持管理するために必要な運転・維持管理費を表 7.2 に示す。運転・維持管理費は、人件費、電力費、保守管理費（点検・修理費）、汚泥ケーキ処分費、消耗品費（薬品費）及びその他の費用で構成される。年間の運転・維持管理費は、9.4 百万 EUR/年（9.9 億円/年）となる。

表 7.2 運転・維持管理の内訳

No	項目	費用（百万EUR/年）
1.	人件費	510
2.	電力費	2,111
3.	保守管理費	1,238
4.	汚泥ケーキ処分費	1,656
5.	消耗品費	2,878
6.	インターセプター洗浄費	213
7.	その他	807
	合計	9,414

7.2 段階的整備計画

7.2.1 段階的整備の必要性

事業全体を実施するためには莫大な投資金額が必要となる。このような大規模事業の実施には、期分けして実施するのが一般的である。また、資金調達の観点からも適切な規模の段階整備が必要となる。

下水道システムは下水の収集のための管渠、移送施設（ポンプ場、遮集管など）及び下水処理場から構成されている。これらの施設は異なる機能を有しており、汚水を収集して処理するためにはこれらの施設がシステムとして機能を果たすことが必要とされる。以上から、建設した施設が効率的に機能するためには、全ての整備段階で調整され、システムとして機能するために各施設の容量がバランスしていることが必要である。

7.2.2 下水道システムの段階的整備計画

(1) 段階的整備計画の手法

段階的整備計画の策定にあたって、第1ステップとして、遮集幹線の配置を考慮し、集水区域を適切なグループに分割する。それらのグループを事業効果、環境影響評価、整備効率の観点から定性的・定量的に評価し、整備優先順位を設定する。次いで、第2ステップとして、これらのグループを組み合わせ、事業投資額や効率の観点から評価を行い、最終的にそれらを総合的に評価し、整備を最優先する第1期整備プロジェクトを選定する。

(2) Central 処理区の下水道整備計画

既存管路網と今後必要な項目を含む Central 処理区の下水道整備の模式図と集水区域別の計画水量を図 7.3 および表 7.3 に示す。

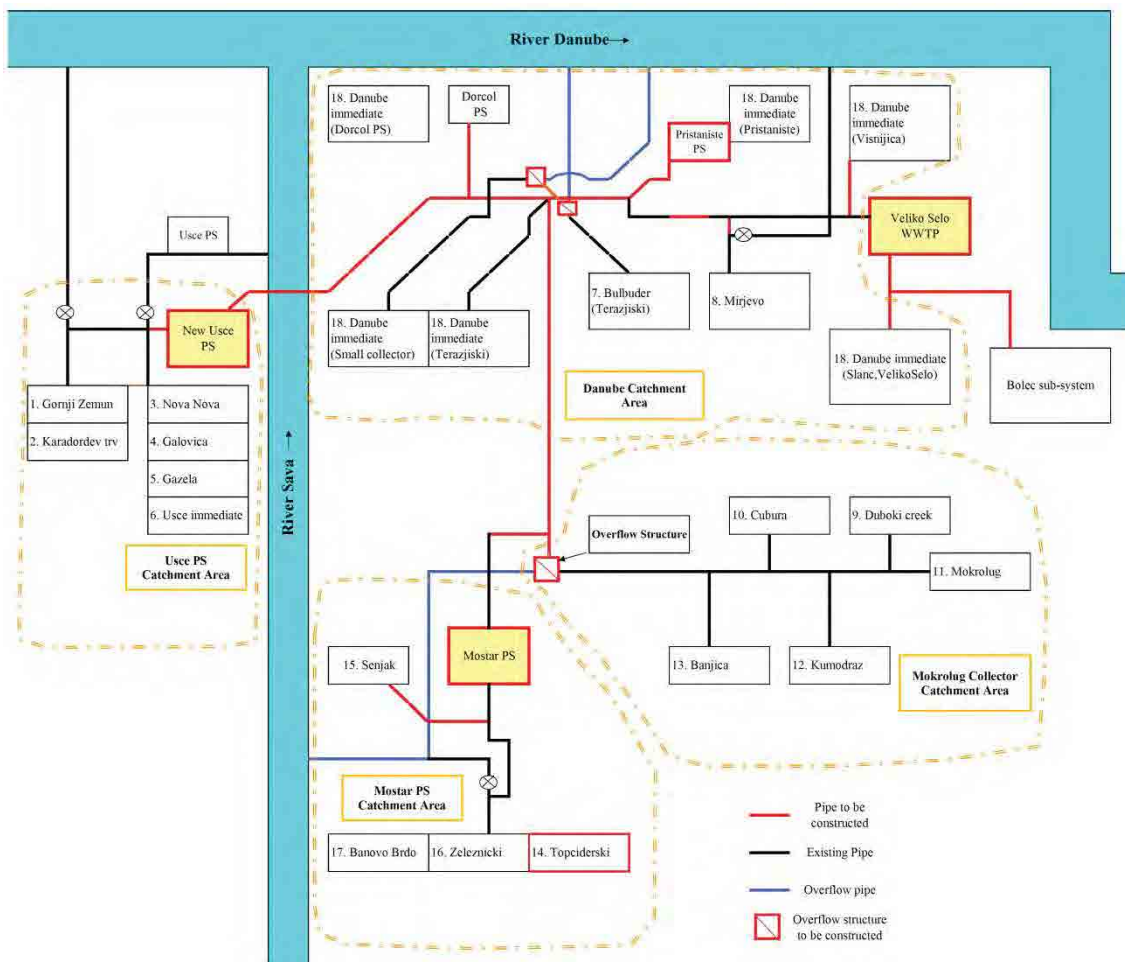


図 7.3 Central 処理区の下水道整備の模式図

表 7.3 集水区域別の計画水量

集水分区	日平均水量 (m ³ /日)	
	2021年	2031年
1. Gornji Zemun	29,700	31,000
2. Karadordev trg	26,000	26,500
3. Nova Nova	15,400	16,000
4. Glavica	26,600	27,600
5. Gazela	6,100	6,400
6. Ušće immediate basin	2,700	2,900
Ušće PS 集水区域 計	106,500	110,400
14. Topčider collector	55,100	58,400
15. Senjak	2,100	2,200
16. Železnički	37,600	39,300
17. Banovo Brdo	25,600	26,300
Mostar PS 集水区域 計	120,400	126,200

集水分区	日平均水量 (m ³ /日)	
	2021年	2031年
9. Duboki creek	13,900	14,300
10. Čubura collector	12,700	13,000
11. Mokrolug collector	15,400	15,900
12. Kumodraz collector	15,900	16,400
13. Banjica collector	22,000	22,800
Mokrolug collector 集水区域 計	79,900	82,400
7. Bulbuderski collector	39,100	40,300
8. Mirijevski collector	15,600	15,900
18. Danube immediate basin (うちDorcol PS) (うちPristaniste PS, Slanc & Veliko Selo)	47,500 (14,400) (7,200)	49,800 (15,100) (7,600)
Danube 集水区域 計	102,200	106,000
小計	409,000	425,000
Bolec 集水区域	-	23,700
合計	409,000	448,700

(3) 主要な吐口の状況

接続集水区域の選定は、既存の吐口がインターセプターに接続した事による改善効果を基に検討するため、8箇所の主要な吐口とそれに属する集水分区を表 7.4 および図 7.4 に示す。

表 7.4 主な吐口とそれに属する集水分区

集水区名	主な吐口	集水分区名
Ušće PS 集水区	吐口 1	Gornji Zemun Karadordev trg
	吐口 2	Nova Nova Glavica Gazela Ušće immediate basin
Mostar PS 集水区	吐口 3-1	Topčider Železnički Banovo Brdo Senjak
Mokrolug 集水区	吐口 3-2	Mokrolug
Danube 集水区	吐口 5	Bulbuderski
	吐口 8	Mirjevski
	吐口 4	Part of Danube immediate basin/ Dorcol PS catchment area
	吐口 7	Part of Danube immediate basin/ Pristaniste PS
	吐口 6	Part of Danube immediate basin/ Trezjiski collector and Other small collector
	ドナウ川へと流下する排水路	Part of Danube immediate basin/ Slanci, Veliko Selo

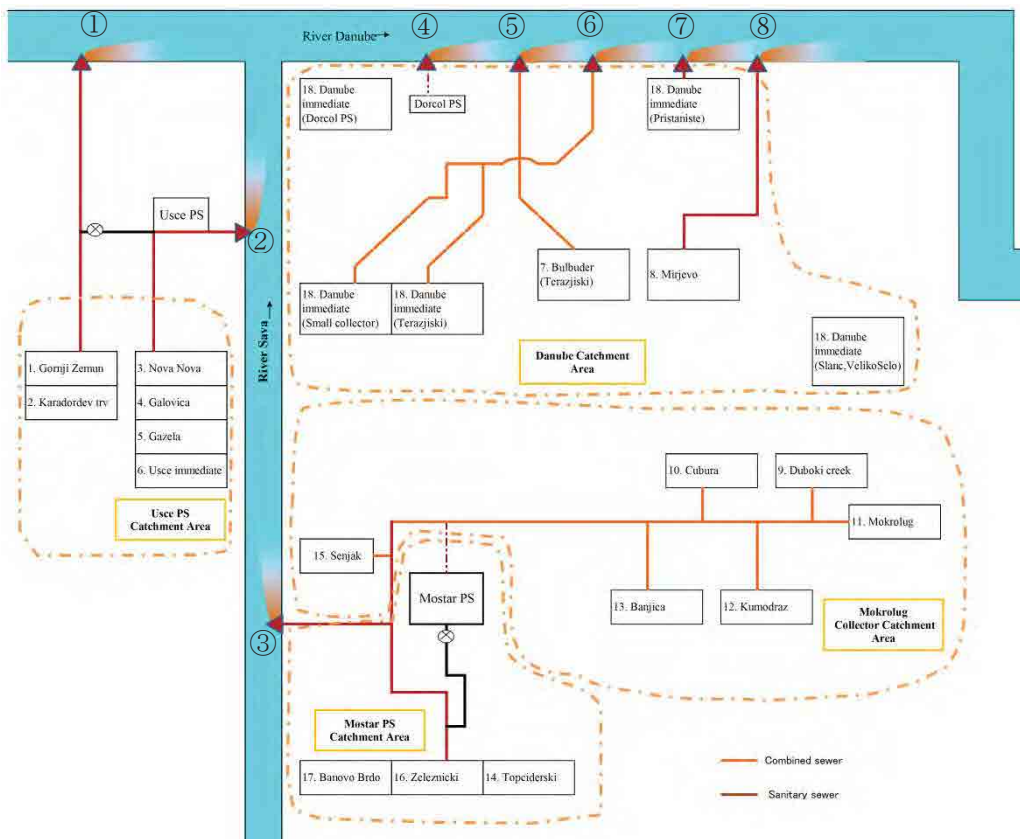


図 7.4 主な放流地点

(4) 集水区域のグループ

遮集幹線の配置を考慮して、Central 処理区を以下の 5 グループに分割する。

- 集水グループ I : Mostar 集水区域 (分流区域)
- 集水グループ II : Mokrolug 集水区域 (合流区域)
- 集水グループ III : Ušće 集水区域 (分流区域) と Danube 上流集水区域 (基本的に合流区域)
- 集水グループ IV : Danube 下流集水区域 (基本的に合流区域)
- 集水グループ V : Danube 最下流集水区域 (別幹線)

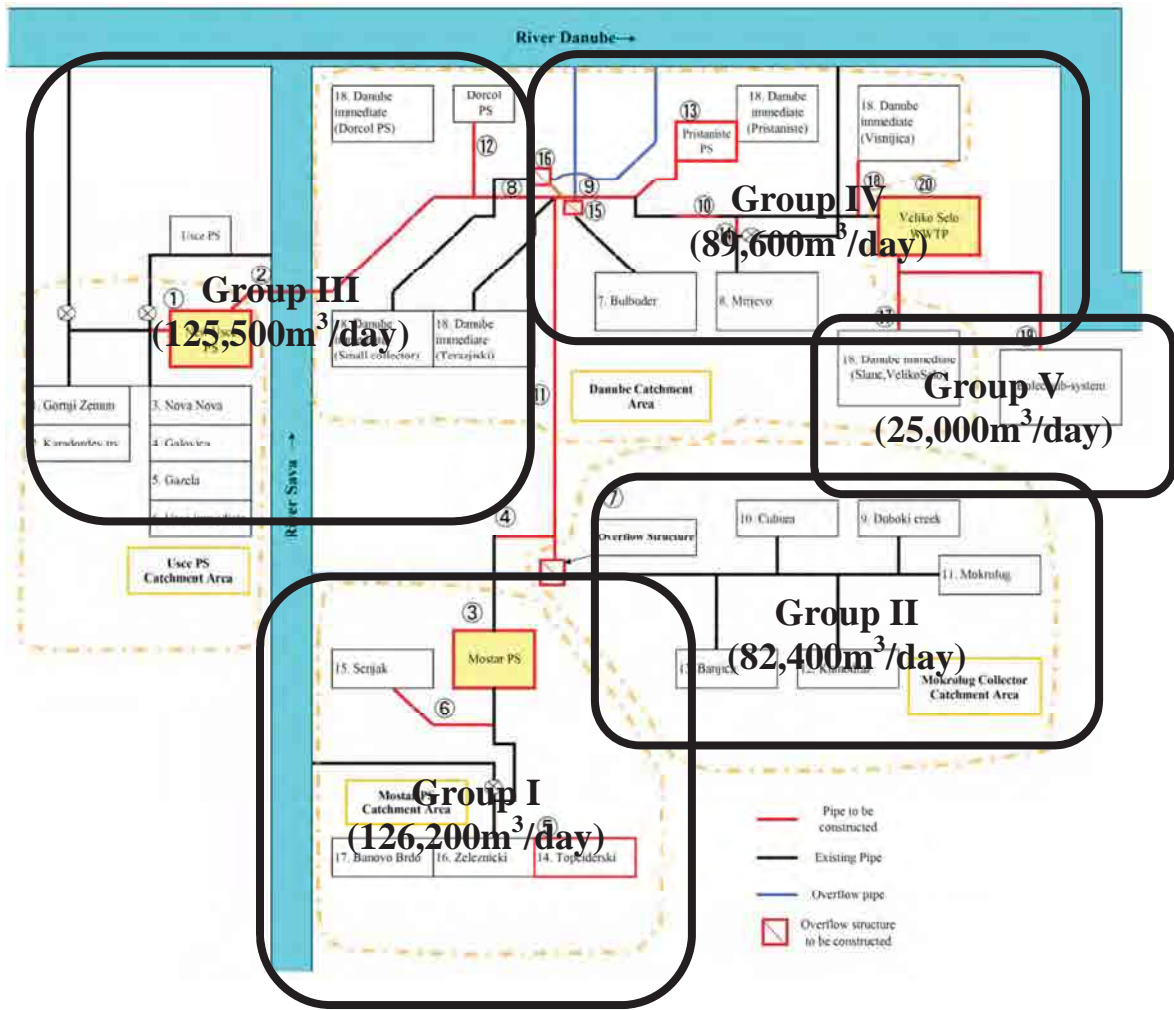


図 7.5 集水グループ

(5) 整備優先順位の評価

第1ステップとして、事業効果、環境影響評価、整備効率の3項目を評価し、表7.5に整理した。

(A) 事業効果

浸水被害の軽減

ドナウ川の水位が上昇した際に、サヴァ川、ドナウ川沿いの地域で度々浸水が発生している(図7.6)。汚水吐口付近で浸水が発生した場合、汚水がマンホールから吹き上がるため浸水被害だけでなく、衛生面での被害も発生する。汚水を処理場に流下させることにより、これらの被害を軽減することが考えられる。

表7.5の浸水被害の軽減の評価は、以下のとおりとする。

当該グループから発生し浸水被害区域に流下している汚水量が多い (A) ~ 少ない (C)



図 7.6 Mostar ポンプ場周辺の浸水状況

水道水源の保全

ベオグラード市は、図 7.7 に示すようにサヴァ川の伏流水を水源として利用している。取水
源上流部の吐口から放流している汚水を下水処理場に流下させることで、原水の水質向上
に伴う処理単価の改善や、配水地区の住民に安全で安心できる水を供給することができる。
よって吐口の下流部に取水源が位置する場合、それを改善することで水道事業へ貢献する
ことが期待できる。

表 7.5 の水道水源の保全の評価は、以下のとおりとする。

吐口の下流部に取水源が多い (A) ～ 吐口の下流部に取水源が少ない (C)

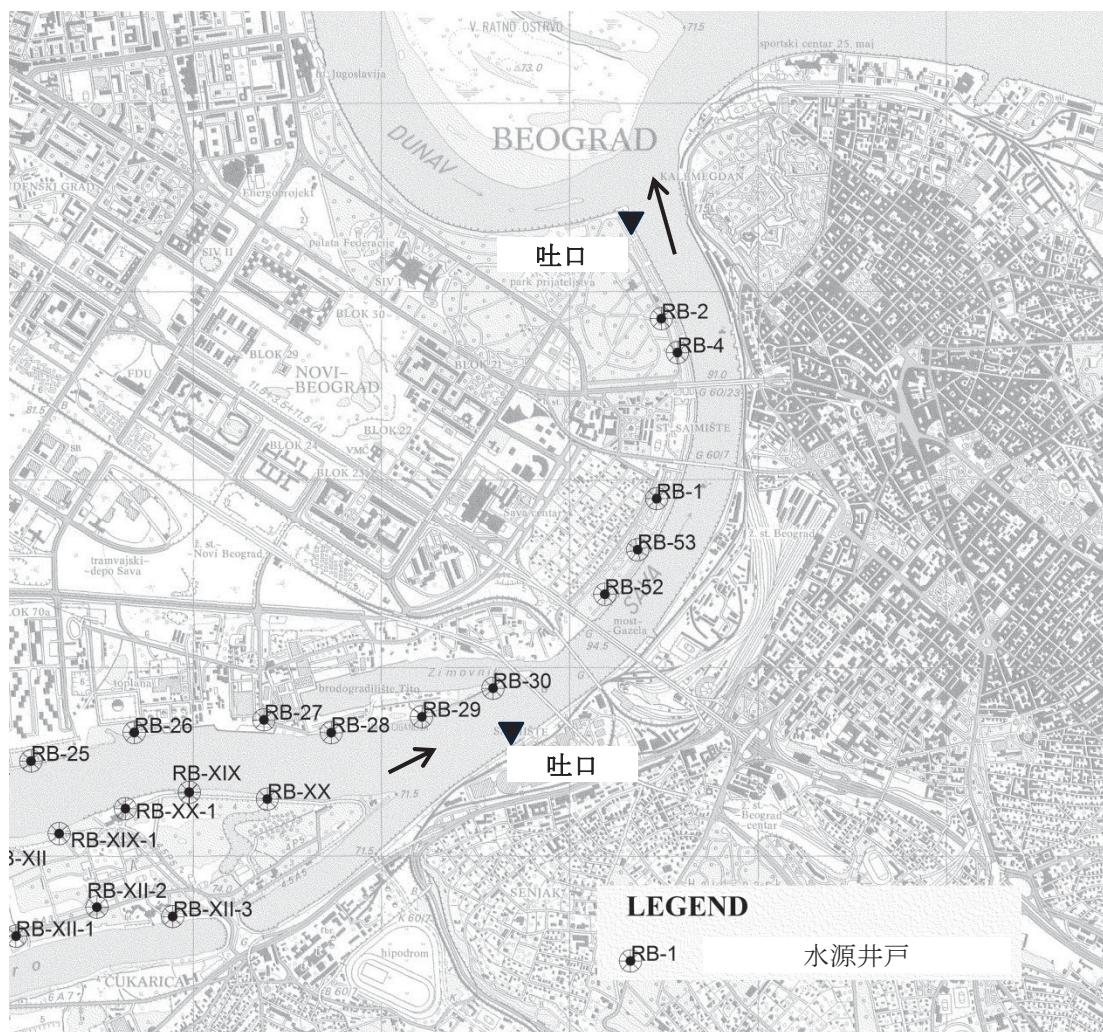


図 7.7 サヴァ川沿いの水道水源（井戸）の位置

観光振興への寄与

図 7.8 のようにベオグラード市では、ドナウ川及びサヴァ川沿いに歴史的な遺跡や街並み、水上スポーツ及び市民の集う公園や水浴場などの観光資源が多い。こうした観光資源の上流部の吐口から流出している汚水や夾雑物及びし査等を下水処理場に流下させることで、観光振興に寄与することができる。

表 7.5 の観光振興への寄与の評価は、以下のとおりとする。

吐口の下流部に観光資源が多い (A) ～ 吐口の下流部に観光資源が少ない (C)

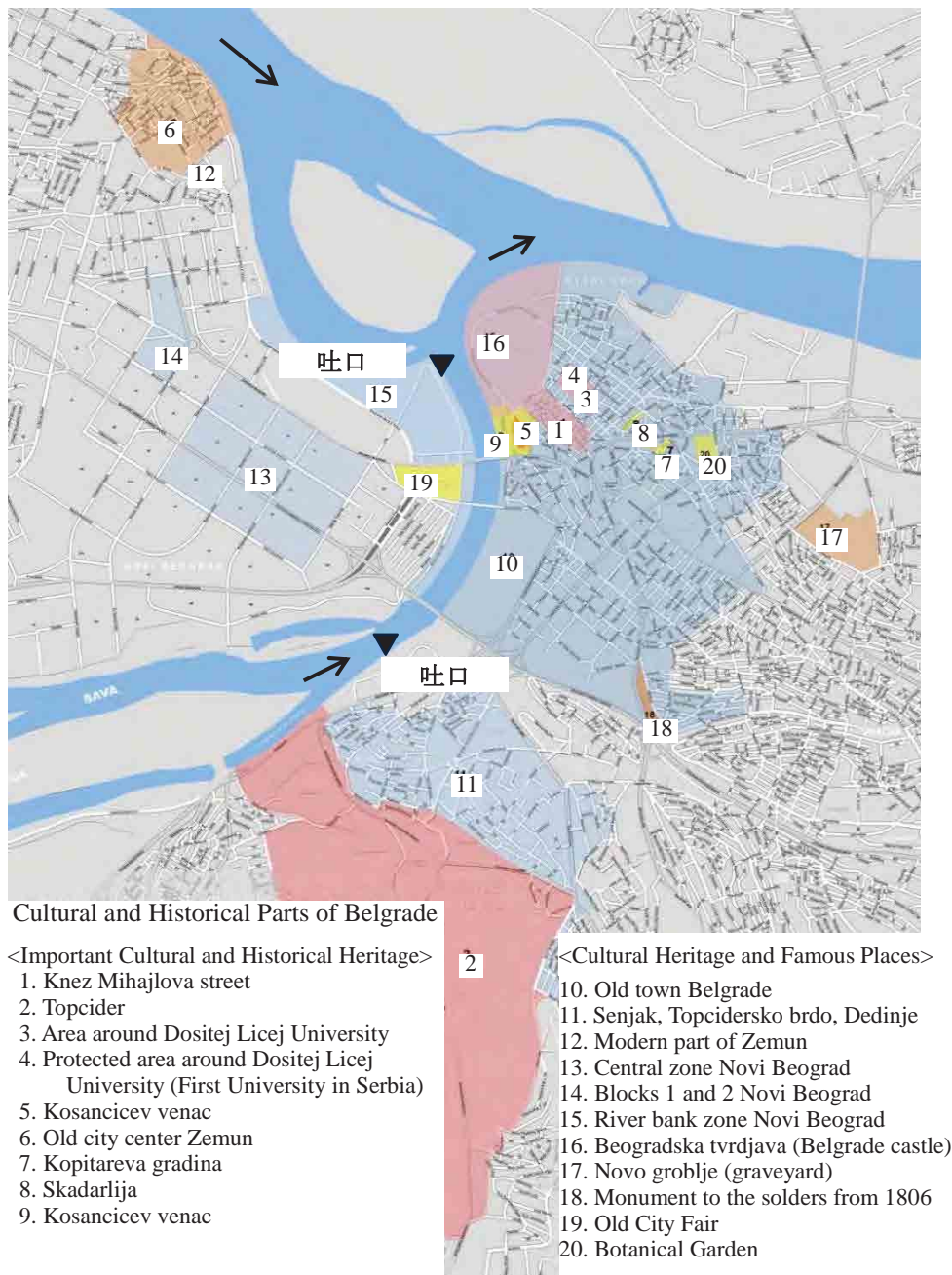


図 7.8 ベオグラード市の文化的歴史的遺産

(B) 環境影響評価（河川水質改善への寄与）

未処理汚水の放流は、河川水及び底質への汚染源となっている。特にサヴァ川はドナウと比較して水量が少ないため、河川水質悪化への影響が大きい。調査対象である Central 処理区内には汚濁負荷が多量に発生するような工場が無く、人由来の汚濁負荷がほとんどである。よって、河川流量に対する放流汚水量の割合を河川水質改善への寄与率として評価する。ベオグラード市の文化的歴史的遺産の位置を図 7.8 に示す。

ここで、

- 流量比は、放流汚水量を河川流量で割って求める。
- 放流汚水量は、表 7.3 に示す。
- ドナウ川流量は、 $5,215\text{m}^3/\text{sec} = 450,576,000\text{m}^3/\text{日}$ （2006～2011 平均）とする。
- サヴァ川流量は、 $1,461\text{m}^3/\text{sec} = 126,230,400\text{m}^3/\text{日}$ （2006～2011 平均）とする。

流量比の評価は、以下のとおりとする。

- A：流量比が 0.05%以上
- B：流量比が 0.05～ 0.01%
- C：流量比が 0.01%以下

(C) 整備効率

通常、インターセプターは下流側から順次整備を行う。よって、整備効率の観点から、下流側の区域から順にインターセプターに接続した方が効率的であると評価する。

- A：インターセプター No.4 までに接続可能、
- B：インターセプター No.1 もしくは No.10 までに接続可能
- C：その他の流入幹線

(D) 整備優先順位

以上から第 1 ステップの評価結果を表 7.5 にまとめる。評価結果から集水グループの整備優先順位は以下のように設定される。

- 第 1 優先順位：集水グループ I（Mostar 集水区域）と集水グループ II（Mokrolug 集水区域）
- 第 2 優先順位：集水グループ IV（ドナウ 下流集水区域）
- 第 3 優先順位：集水グループ III（Ušće 集水区域とドナウ上流集水区域）
- 第 4 優先順位：集水グループ V（ドナウ最下流集水区域（別幹線））

表 7.5 各集水区域及び集水グループの事業効果及び整備優先順位

集水区域	Mostar PS 集水区	Mokrolug 集水区	Ušće PS 集水区		Danube 集水区				
					上流	下流			
放流地点	吐口 3-1	吐口 3-2	吐口 1	吐口 2	吐口 4	吐口 5, 8	吐口 6	吐口 7	既存排水路からドナウ川へ
対象集水分区	Topčider Železnički Banovo Brdo Senjak	Mokrolug	Gornji Zemun Karadordev trg	Nova Nova Glavica Gazela Ušće imme. basin	Dorcol PS catchment area	Bulbuderski Mirjevski	Treazjiski collector and small collector	Pristaniste PS	Slanci, Veliko Selo
計画水量 (2031年)	126,200	82,400	110,400		15,100	56,200	27,100	6,300	1,300
選定対象 集水グループ	グループ I	グループ II	グループ III			グループ IV			グループ V
浸水被害改善への寄与及び緊急性	A	A	B		C	C			C
水道水源保全 (下流側の取水源の有無)	A	A	B		C	C			C
観光振興	A	A	A		B	B			C
A) 事業効果	A	A	B		C	C			D
B) 環境影響評価 / 河川水質改善	0.100% A	0.065% A	0.025% B		0.003% C	0.016% C			0.000% D
C) 整備効率	B	B	B			A			C
整備優先順位	1	1	3			2			4

(6) 集水グループを組み合わせの評価

次に第2ステップとして、以下の理由により集水グループ II (Mokrolug 集水区域) と集水グループ V (Danube 最下流集水区域) を除く集水グループを組み合わせ、それぞれのオプションごとに投資額・投資効果进行评估する。

集水グループ II (Mokrolug 集水区域) は、幾筋もの急こう配で狭い谷を抱えた Mokrolug 水路に沿った合流式下水道区域であり、下流部には浸水問題、上流部には雨水の分離が不完全で、雨天時に大量の雨水が Mokrolug 遮集管に流入するという問題が起きている。この問題を解決するために、上流部に8つの雨水貯留池を建設する計画がある。このため、Mokrolug 集水区においては、上流部の雨水流入制御施設の建設に高い優先順位が与えられている。

また、例え分水槽によって雨水流入を制御できたとしても、大量の雨水が下水処理場に流入すると処理場での処理効率を低下させ、窒素処理機能を著しく阻害することになる。このため、処理場への接続の前提として、雨水流入抑制施設（雨水貯留施設）の整備を優先する必要がある。

集水グループ V (Danube 最下流集水区域) は、整備優先順位が最下位であり、汚水の収集のための管路網が整備されていない。

よって、以下のオプションについて、投資額・投資効果进行评估し、その結果を表 7.6 に示す。

- オプション1：集水グループ I (Mostar PS 集水区域) と集水グループ IV (Danube 下流集水区域)
- オプション2：集水グループ III (Ušće PS 及び Danube 上流集水区域) と集水グループ IV (Danube 下流集水区域)
- オプション3：集水グループ IV (Danube 下流集水区域)
- オプション4 (参考)：集水グループ I (Mostar PS 流集水区域)、集水グループ II (Mokrolug 集水区域) と集水グループ IV (Danube 下流集水区域)

表 7.6 各オプションの投資額及び投資効果の比較

	オプション1	オプション2	オプション3	オプション4 (参考)
計画水量 (Bolec を除く全体計画)	215,800m ³ /日 (全体の 51%)	215,100 m ³ /日 (全体の 51%)	89,600 m ³ /日 (全体の 21%)	298,200 m ³ /日 (全体の 70%)
調査対象施設 建設費 (MEUR)	161.2 大	162.0 大	98.4 小	203.3 最大
下水処理場	108.7	108.7	74.2	150.7
インターセプター	49.1 (No.4, 6, 10)	47.3 (No. 1-4, 6)	24.2 (No.4, 6)	49.1 (No.4, 6, 10)

	オプション1	オプション2	オプション3	オプション4 (参考)
ポンプ場	3.4 (Mostar PS)	6.0 (Usce PS)	-	3.5 (Mostar PS)
投資効果 計画水量/建設費	1,339m ³ /M EUR 大	1,328 m ³ /M EUR 大	911 m ³ /M EUR 小	1,467 m ³ /M EUR 最大
評価	A	A	B	—

(7) 総合評価

第1ステップ及び第2ステップの評価をもとに、集水グループ（オプション1, 2, 3）を総合的に評価し、最優先整備区域を選定する。

表 7.7 各オプションの総合評価

	オプション1	オプション2	オプション3	オプション4 (参考)
計画水量 (Bolecを除く全体計画)	215,800m ³ /日 (全体の51%)	215,100 m ³ /日 (全体の51%)	89,600 m ³ /日 (全体の21%)	298,200 m ³ /日 (全体の70%)
事業効果	A	B	C	A
整備優先順位	1	3	2	—
投資効果	A	A	B	—
総合評価	事業効果及び投資効果は優れている。また、投資額は適正であり、平準化される。 推奨	事業効果はオプション1より低く、整備優先順位は低い。投資額は適正であり、平準化される。	事業効果は他のオプションに劣る。投資額は最も少ないが、投資効果も最も少ない。	事業効果及び投資効果は最も優れるが、投資額が最大となる。また、Mokrolug集水区域は上流部の雨水流入抑制施設(合流区域の改善)を優先する必要がある。

オプション1は、Mostar集水区域の排水状況が改善し、地域の浸水被害の軽減及び衛生状態の改善がなされ、地域住民に直接的な利益を還元できる。あわせて、サヴァ川の流量がドナウ川に比べ少ないため、よりサヴァ川の水質が改善されることにより、サヴァ川伏流水を水源とする水道事業への貢献、サヴァ川河口周辺の観光資源や市民の憩いの場であるサヴァ湖周辺の水環境改善が期待できる。

また、オプション1及びオプション2は、共に計画水量が全体の1/2となるので、下水処理場の段階的な建設に対しても適している。オプション3は、投資が最も安価になるが事業効果も期待できない。

オプション4(参考)は、事業効果及び投資効果は最も優れるが、投資額が最大となること、またMokrolug集水区域は、上流部の雨水流入抑制施設を優先する必要があることから、最

優先整備区域とはならない。

以上の検討結果から、オプション1を最優先整備区域として選定することを提案する。

7.2.3 Veliko Selo 下水処理場の段階的整備計画

下水処理場への流入汚水量予測を考慮して、Veliko Selo 下水処理場の段階的整備を計画する必要がある。第1期事業ではオプション1における流入汚水量（21,580 m³/日）を処理できる施設能力分を建設するものとする。段階施工が困難な揚水ポンプ施設、前処理施設、汚泥棟、放流渠等の土木構造物は第1期事業に全体分を建設するものとする。第1期事業で建設する範囲を図7.9に示す。

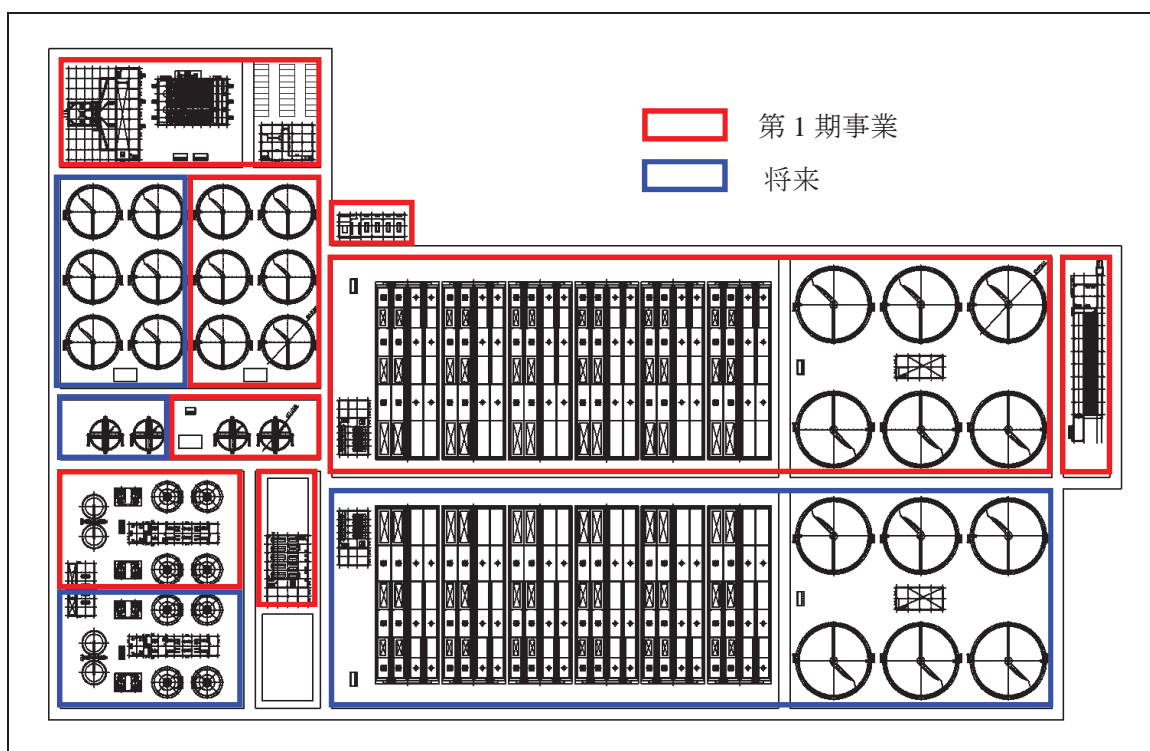


図 7.9 Veliko Selo 下水処理場の第1期事業範囲

7.2.4 第1期事業のコンポーネント

段階的整備計画に基づき、本プロジェクトの以下に挙げるコンポーネントを第1期事業として実施するものとする。

- Veliko Selo 下水処理場（処理能力 1/2）の建設
- インターセプター（No.4, No.6, No.10）の建設
- Mostar ポンプ場の改築更新

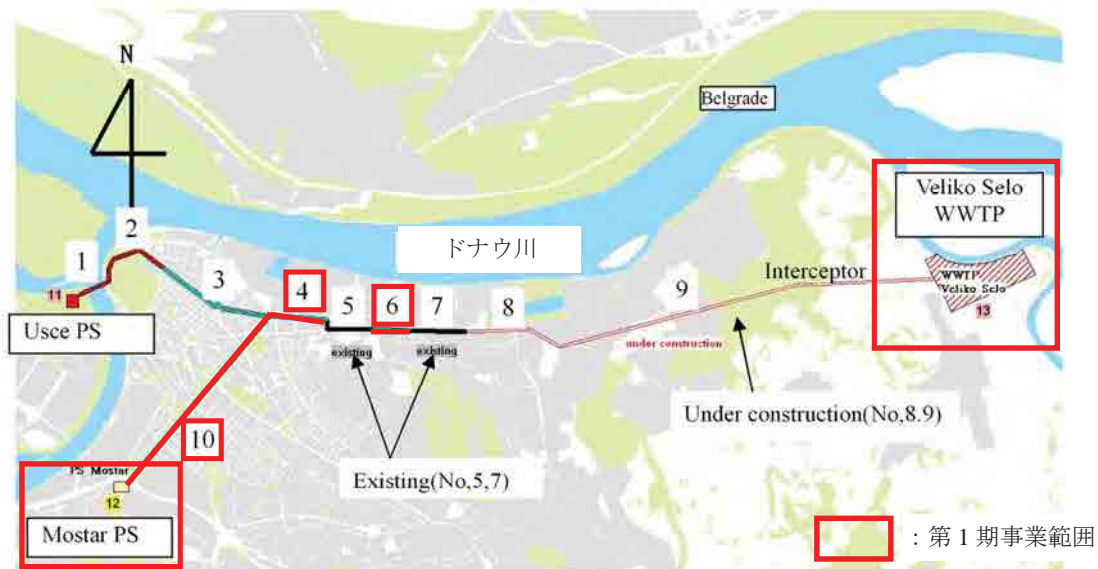


図 7.10 第1期事業範囲のコンポーネント

7.3 第1期事業の概算事業費

7.3.1 第1期事業の概算事業費の算定

第1期事業の概算事業費の内訳を表 7.8 に示す。概算事業費は、税金・関税を含めると 275 百万 EUR (289 億円)、税金・関税を含めないと 233 百万 EUR (245 億円) となる。概算事業費の詳細は、Appendix-I に示す。

表 7.8 第1期事業の概算事業費の内訳

No.	項目	内貨部分 (1,000 EUR)	外貨部分 (1,000 EUR)	合計 (1,000 EUR)
1.	建設工事費			
A	Veliko Selo 下水処理場			
A-1	敷地造成	12,163	0	12,163
A-2	揚水ポンプ施設	1,983	3,246	5,229
A-3	前処理施設	2,212	1,025	3,237
A-4	最初沈殿池	3,027	806	3,833
A-5	反応タンク	14,498	5,393	19,891
A-6	送風機施設	937	2,096	3,033
A-7	最終沈殿池	4,803	1,708	6,511
A-8	ろ過施設	1,783	3,699	5,482
A-9	重力濃縮施設	437	224	661
A-10	嫌気性消化槽	13,323	5,704	19,027
A-11	汚泥処理施設	2,033	3,432	5,465
A-12	場内配管	4,601	7,119	11,720
A-13	管理棟	1,831	2,745	4,576
A-14	受変電・自家発施設	1,271	3,438	4,709
A-15	消化ガス発電施設	495	927	1,422
A-16	場内整備	2,015	0	2,015
	小計 (A)	67,412	41,562	108,974
B	インターセプター			
B-1	インターセプター (No.4)	9,752	0	9,752
B-2	インターセプター (No.6)	3,874	10,587	14,461
B-3	インターセプター (No.10) コレクターを含む	5,957	18,906	24,863
	小計 (B)	19,583	29,493	49,076
C	ポンプ場			
C-1	Mostar ポンプ場	1,152	2,300	3,452
	小計 (C)	1,152	2,300	3,452
	小計 (1)	88,147	73,355	161,502
2.	事業管理費	10,608	0	10,608
3.	コンサルティング費用 (注)	7,282	8,800	16,082
4.	物理的予備費 (建設工事分のみ)	4,895	4,095	8,990
5.	プライス・エスカレーション (建設工 事分のみ)	9,747	8,536	18,283
6.	土地取得費・補償費 (注)	7,300	0	7,300
7.	建中金利	0	8,523	8,523
8.	コミットメントチャージ	0	1,707	1,707
9.	税金・関税	42,430	0	42,430
	小計 (2-9)	82,262	31,661	113,923
	合計 (税金・関税込み)	170,409	105,016	275,425
	合計 (税金・関税抜き)	127,979	105,016	232,995

(注) 当該項目に関連する物理的予備費とプライス・エスカレーションを含む。

建設工事費に占める下水処理場、遮集管とポンプ場の比率を図 7.11 に示す。建設工事費に占める Veliko Selo 下水処理場の比率は 67%、インターセプターの比率は 31% およびポンプ場の比率は 2% である。

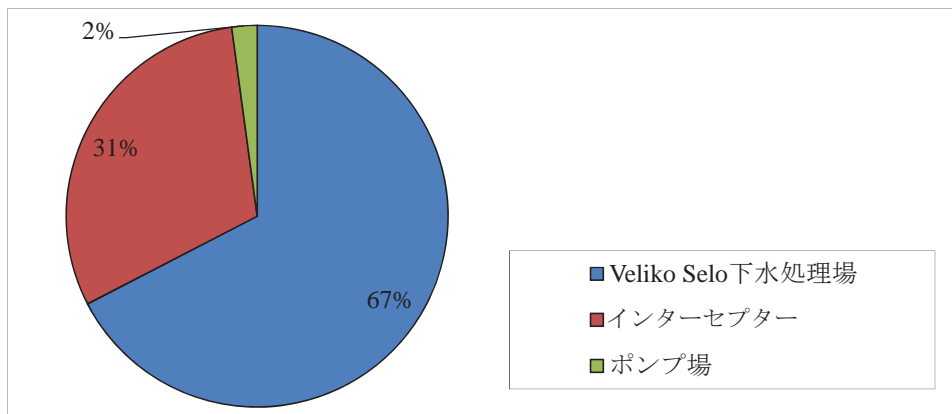


図 7.11 建設工事費の比率

プロジェクト費用に占める各費目の比率を図 7.12 に示す。プロジェクト費用に占める建設工事費の比率は 57% であり、建設工事費以外の間接工事費は 43% である。

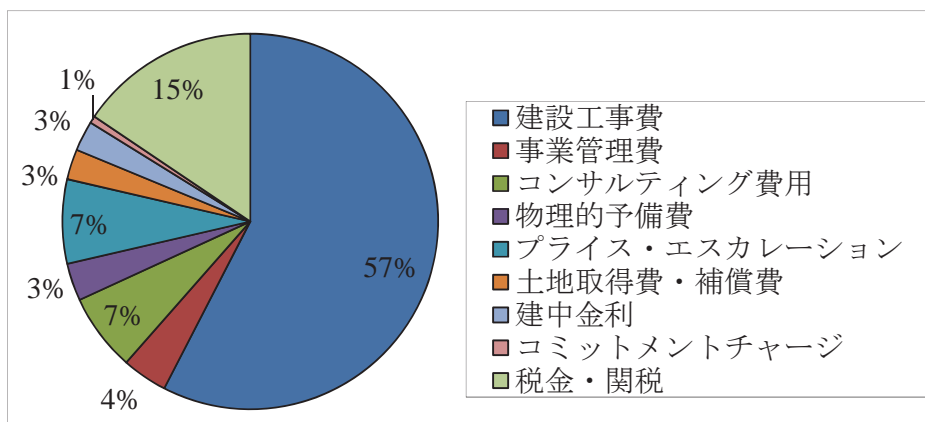


図 7.12 概算事業費の費目別比率

プロジェクト費用を JICA 円借款により資金調達した場合における融資適格項目の費用、融資非適格項目の費用および比率を表 7.9、表 7.10 および図 7.13 に示す。融資非適格項目の費用については、セルビア国政府側で準備する必要がある。

表 7.9 融資適格項目の費用

No.	項目	内貨部分 (1,000 EUR)	外貨部分 (1,000 EUR)	合計 (1,000 EUR)
1.	建設工事費	88,147	73,355	161,502
2.	コンサルティング費用	7,282	8,800	16,082
3.	物理的予備費（建設工事費分）	4,895	4,095	8,990
4.	プライス・エスカレーション（建設工事費分）	9,747	8,536	18,283
5.	建中金利	0	8,523	8,523
6.	コミットメントチャージ	0	1,707	1,707
	合計	110,071	105,016	215,087

表 7.10 融資非適格項目の費用

No.	項目	内貨部分 (1,000 EUR)	外貨部分 (1,000 EUR)	合計 (1,000 EUR)
1.	事業管理費	10,608	0	10,608
2.	土地取得費・補償費	7,300	0	7,300
3.	税金・関税	42,430	0	42,430
	合計	60,338	0	60,338

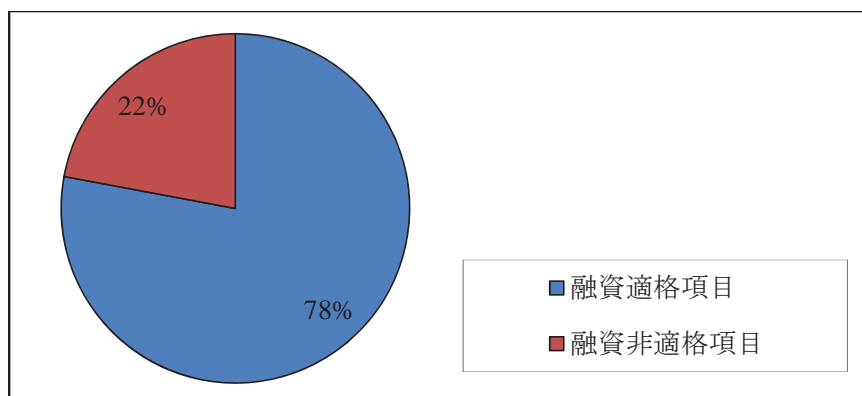


図 7.13 融資適格項目・非適格項目の比率

7.3.2 第1期事業の運転・維持管理費の算定

第1期事業により建設される計画施設を運転・維持管理するために必要な運転・維持管理費を表 7.11 に示す。年間の運転・維持管理費は、4.9 百万 EUR/年（5.2 億円/年）となる。

表 7.11 第1期事業の運転・維持管理の内訳

No	項目	費用 (百万EUR/年)
1.	人件費	332
2.	電力費	1,081
3.	保守管理費	676
4.	汚泥ケーキ処分費	828
5.	消耗品費	1,439
6.	インターセプター洗浄費	129
7.	その他	420
	合計	4,905

7.4 第1期事業の事業実施計画の策定

7.4.1 事業の実施工程

第1期事業が円借款により資金調達される場合、セルビア国政府は、本プロジェクトの実施に係るコンサルタントおよび請負業者の選定にはJICA調達ガイドラインに準拠する必要がある。

L/A 調印からの実施スケジュールは、各工程に必要な期間を積上げて表 7.12 となる。プロジェクトの実施工程は全工程で90ヶ月（7.5年）と想定される。これにより、2021年に供用開始するためには、2015年初めにはL/A調印がなされている必要がある。なお、用地取得は、工事開始の「Building Permit」取得までに終了する必要がある。

表 7.12 実施スケジュール

	期間	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
L/A 調印	-	▼							
コンサルタントの選定	9ヶ月	■							
詳細設計	12ヶ月		■	用地取得完了					
仕様書及び入札図書作成	(6)+3ヶ月		■	▼				供用開始	
請負業者の選定	12ヶ月			■				▼	
建設工事	42ヶ月				■	■	■	■	
運転及び技術移転	12ヶ月							■	■

JICA の標準的な調達方式を考慮して算定されたコンサルタントおよび請負業者の選定に必要な期間を表 7.13 および表 7.14 に示す。

表 7.13 コンサルタント選定の詳細な実施スケジュール

月	期間	1	2	3	4	5	6	7	8	9
候補者リスト、提案要請書の準備	2ヶ月	■	■							
JICAによる提案要請書の同意	1ヶ月			■						
コンサルタントへ提案要請書の発行	1.5ヶ月				■	■				
プロポーザルの評価	1.5ヶ月					■	■			
JICAによる評価の同意	1ヶ月							■		
契約交渉	1ヶ月								■	
JICAによる契約の同意	1ヶ月									■
契約締結	-									▼

表 7.14 請負業者選定の詳細な実施スケジュール

年	期間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
JICAによる入札図書への同意	1ヶ月	■											
入札期間	3ヶ月		■	■	■								
技術評価	2ヶ月					■	■						
JICAによる技術評価結果の同意	1ヶ月							■					
価格評価	2ヶ月								■	■			
JICAによる価格評価結果の同意	1ヶ月										■		
契約交渉	1ヶ月											■	
JICAによる契約同意	1ヶ月												■
契約締結	-												▼

建設工事の施工期間は、各施設における工事施工順序、施工業者の実施能力、資材および労務の調達状況、施工規模、セルビア国の施工様式および建設規模を考慮して建設工程を策定した。建設スケジュールは、調達に関して殆ど制約がないことから、主として掘削、コンクリート打設量等の工事容量と施工順序によって決まる。建設工事の実実施スケジュールは、表 7.15 に示すように着工から試運転開始までに 42 ヶ月程度必要と想定される。

表 7.15 建設工事の実施スケジュール

年	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
下水処理場					
準備工・用地造成	■				
揚水ポンプ施設		■	■	■	
前処理施設			■	■	
最初沈殿池	■	■	■		
反応タンク	■	■	■	■	
最終沈殿池	■	■	■	■	
ろ過施設			■	■	
場内配管			■	■	
重力濃縮槽	■	■			
嫌気性消化槽	■	■	■	■	
汚泥処理棟		■	■		
管理棟			■	■	
受変電・自家発電棟			■	■	
インターセプター					
準備工	■				
インターセプターNo.4			■	■	
インターセプターNo.6		■	■		
インターセプターNo.10	■	■	■	■	
ポンプ場					
Mostar ポンプ場			■	■	
試験					
検査・総合試運転					■

実地研修
1年間

建設施設の運転・維持管理が円滑に行われるように、建設後に BVK 職員に対し 1 年間の維持管理の実地研修を計画した。

7.4.2 事業の年次別実施費用

実施スケジュールをもとに作成した年次別支出計画を表 7.16 に示す。

表 7.16 年次別支出計画

(百万 EUR)

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	合計
直接事業費 (A)										
下水 処理場	L.C	0	0	0	19.26	19.26	19.26	9.63	0	67.41
	F.C	0	0	0	11.87	11.87	11.87	5.94	0	41.56
	計	0	0	0	31.14	31.14	31.14	15.57	0	108.97
インター セプター No.4 & 6	L.C	0	0	0	3.89	3.89	3.89	1.95	0	13.63
	F.C	0	0	0	3.02	3.02	3.02	1.51	0	10.59
	計	0	0	0	6.92	6.92	6.92	3.46	0	24.21
モスタル PS とインター セプター No.10 他	L.C	0	0	0	2.03	2.03	2.03	1.02	0	7.11
	F.C	0	0	0	6.06	6.06	6.06	3.03	0	21.21
	計	0	0	0	8.09	8.09	8.09	4.05	0	28.32
直接 事業費 小計	L.C	0	0	0	25.18	25.18	25.18	12.59	0	88.15
	F.C	0	0	0	20.96	20.96	20.96	10.48	0	73.36
	計	0	0	0	46.14	46.14	46.14	23.07	0	161.50
間接事業費 (B)										
コンサルテ ィング費 (予 備費含む)	L.C	0.21	1.27	0.36	1.37	1.43	1.49	0.97	0.16	7.28
	F.C	0.39	2.16	0.52	1.56	1.30	1.45	1.18	0.25	8.80
	計	0.60	3.43	0.88	2.92	2.73	2.95	2.16	0.41	16.08
予備費 (直接 事業費分)	L.C	0	0	0	3.44	4.01	4.60	2.60	0	14.64
	F.C	0	0	0	2.96	3.46	3.97	2.25	0	12.63
	計	0	0	0	6.39	7.47	8.57	4.84	0	27.27
その他の間 接事業費	L.C	9.28	0.86	0.22	13.87	14.09	14.41	7.52	0.10	60.34
	F.C	0.21	0.21	0.21	0.84	1.50	2.17	2.53	2.55	10.23
	計	9.49	1.07	0.43	14.71	15.58	16.58	10.04	2.66	70.57
小計	L.C	9.49	2.13	0.58	18.67	19.53	20.50	11.09	0.27	82.26
	F.C	0.60	2.37	0.73	5.36	6.25	7.59	5.96	2.80	31.66
	計	10.09	4.50	1.32	24.03	25.78	28.10	17.04	3.07	113.92
直接事業費+間接事業費										
合計	L.C	9.49	2.13	0.58	43.86	44.72	45.69	23.68	0.27	170.41
	F.C	0.60	2.37	0.73	26.31	27.21	28.55	16.44	2.80	105.02
	計	10.09	4.50	1.32	70.17	71.92	74.24	40.11	3.07	275.43

注) 数値の合計は、四捨五入しているため合わない場合がある。

7.5 コンサルティングサービス

7.5.1 必要なコンサルティングサービス

本プロジェクトが円借款により資金調達される場合、建設プロジェクトでは「FIDIC Conditions of Contract for Construction Multilateral Development Bank (MDB) Harmonized Edition for Building and Engineering Works Designed by the Employer」を適用した設計-入札-建設方式による調達手順が一般的である。設計-入札-建設方式による調達手順では、詳細設計と建設工事の施工監理はコンサルタントが実施する。

セルビア国政府は、本プロジェクトの実施に係るコンサルタントおよび請負業者の選定には JICA 調達ガイドラインに準拠する必要がある。以上から、プロジェクトを円滑な実施のため事業実施機関である LDA を補佐すべく、以下に挙げるコンサルティングサービスが必要となる。

- 詳細設計の実施
- 入札図書の準備
- 事前資格審査・入札・契約交渉における補佐
- 建設工事の施工監理
- 管理、運転及び維持管理に対する技術支援

施主側コンサルタントは、海外コンサルタントと現地コンサルタントで構成される。現地コンサルタントは、全ての活動で海外コンサルタントを支援する。コンサルタントの業務工程は、表 7.12 に示すプロジェクトの実実施スケジュールと一致した工程でなければならない。本プロジェクトの実施におけるコンサルティングサービスに必要な海外コンサルタントおよび現地コンサルタントの人月を表 7.17 にまとめる。本プロジェクトの実施における事業実施機関を補佐するために必要な人月は、海外コンサルタントが 254 人月、現地コンサルタントが 493 人月と算定される。これらの人月には、処理場の運営維持管理の技術支援に必要な人月も含まれる。なお、これら以外に事務所運営等の現地作業をサポートするための人月が必要となる。

表 7.17 コンサルティングサービス

	海外			現地		
	人数	月	人月	人数	月	人月
コンサルタントおよび専門家						
チームリーダー	1	59	59	0	0	0
副チームリーダー	0	0	0	1	61	61
水処理プロセス技術者	1	6	6	0	0	0
土木技術者（処理場担当）	1	26	26	0	0	0
土木技術者（ポンプ場管きよ担当）	1	27	27	0	0	0
土木技術者	0	0	0	1	53	53
構造・土木技術者	1	5	5	1	5	5
機械技術者	1	21	21	1	20	20
電気技術者	1	21	21	1	20	20
建築技術者	0	0	0	1	16	16
建築設備技術者	0	0	0	1	13	13
事業費積算専門家	2	6	12	3	6	18
環境専門家	1	4	4	1	5	5
社会配慮専門家	1	4	4	1	4	4
GIS 専門家	0	0	0	1	5	5
契約専門家	1	4	4	0	0	0
積算士	1	47	47	1	42	42
測量監理者	0	0	0	1	50	50
検査技師	0	0	0	4	42	168
運転管理専門家	1	6	6	0	0	0
機械・電気維持管理専門家	1	6	6	1	6	6
水質管理専門家	1	6	6	1	7	7
計			254			493
技術補助および事務所運営スタッフ						
事務所管理、会計、運転手	0	0	0	3	81	243
事務員、秘書	0	0	0	2	69	138
CAD オペレーター	0	0	0	2-4	15	50
通訳	0	0	0	1	71	71
計				-		502

コンサルティングサービスの円滑な実施のために、コンサルタント事務所をベオグラードに設置し、事業実施機関の事務所もコンサルタントのベオグラード事務所の内部に設置することを提案する。

7.5.2 技術支援

本プロジェクトで建設される Veliko Selo 下水処理場は、ベオグラード市で初めての大規模下水処理場となる。本プロジェクトで建設される施設の建設後の持続性を確保するためにコンサルタントディングサービスに表 7.18 に示す技術支援を含めることを提案する。

表 7.18 技術支援

項目	内容
運転指導・組織体制支援（運転管理専門家）	活性汚泥による生物処理の理論（有機物・栄養塩類の除去）について座学講義を行う。理論に続き、実地訓練で下水処理場の運転、異常時の対応等について指導を行う。活性汚泥による生物処理及び汚泥処理の立上げには、時間と運転管理の経験が必要であることから、処理プロセスの初期運転、処理の最適化、季節変動の対応等について指導する。運転記録の作成要領も指導する。また、下水処理場の運転・維持管理体制の組織構築、消耗品・薬品等の調達管理、安全管理、人材育成等のマネージメントについても提言・指導する。
機械・電気設備保守管理指導（機械・電気維持管理専門家）	施設を持続的に機能させるためには、設備の適切な保守管理が重要である。本下水処理場は、ベオグラード市で初めての大規模下水処理場となることから、新規の種類の機械・電気設備が多数導入される。それらの機器の保守管理の仕方を指導する。また、現地の機器の保守管理は、異常が起きてから対処する対治療法的であることから、計画的な予防保全の保守管理を指導する。予防保全の保守管理により、異常の早期発見、突発事故の防止及び機器の延命化が図れ、ライフサイクルコストの低減化が可能である。また、点検記録の作成要領も指導する。
水質試験指導（水質管理専門家）	下水処理場の放流水の水質管理は、下水道管理者の義務であり、所定の頻度で水質試験を行い、結果を記録しなければならない。また、下水処理場の運転状況を把握・改善するためにも、流入水質や各処理工程における水質等を定期的に調査する必要がある。処分する汚泥に関しても有害物質等について監視する必要がある。水質・汚泥試験は、下水処理場の機能を管理するための基礎情報となることから、実地訓練により水質・汚泥試験方法をトレーニングする。また、水質・汚泥記録の作成要領も指導する。

8. 経済財務分析/組織制度

8.1 収入および経済便益

8.1.1 処理量

本調査では、事業規模・資金調達の可能性を考慮して、2期に分割して段階的に整備をするめを提案した。

表 8.1 は第 1 期事業と第 2 期事業における下水処理量を示している。処理量は両事業でほぼ等量である。既に下水収集の体制は整備されているので、処理場が完成すれば、現在収集されている下水量は理論的には処理可能となる。しかしながら、この分析では接続当初の処理量は目標の 80% に設定し、5 年間をかけて 100% までに増加させる計画とする。

表 8.1 下水処理量の計画

単位：m³/日

	1 年目の処理水量	5 年目の処理水量
第 1 期事業	172,640	215,800
第 2 期事業	186,320	232,900

注記：既存下水収集網のインターセプターへの接続工事に要する時間を考慮して、1 年目は 80% 接続、5 年目に 100% 接続と想定した。

8.1.2 支払い意思額調査

2012 年 11 月に、Veliko Selo 下水処理場の建設に関する市民の支払い意思額を問う調査を実施した。調査票および調査の結果の概要は Appendix-I に添付している。調査は全市から業務、リクリエーションなどの諸般の用件で最も集まりやすいというサヴァ川を挟んだ二地点であるクニジャミハイロおよびゼムン地区で行われた。インタビュー調査では現在の汚水処理無しでの放流の現状を説明し、その上で、河川汚染を防ぐために下水処理を施すプロジェクトに対して、現状の上下水道料金に対して、更に追加で何% 支払う意思があるかという設問を実施している。回答の全体平均は 46% の追加支払意思があるという結果となった。

8.1.3 追加料金および経済便益

(1) 下水道料金

住民が受容できる追加料金水準の設定については支払い意思額調査（WTP 調査）の結果をベンチマークとして利用することができる。先のセクションに示したように平均 WTP は 46% の価格上乗せである。しかしながら、平均値を使った場合には、半数は満足でも約半

数は不満足という見方ができる。図 8.1 は、追加%を横軸に縦軸に回答の累積分布をとった分布状況を示すものである。この図の分布で 80%の回答者が受容できる点をカットオフ点と指定すると、80%に対応している増加は 25%となることがわかる。25%の増加は料金では 23RSD/m³に相当する。

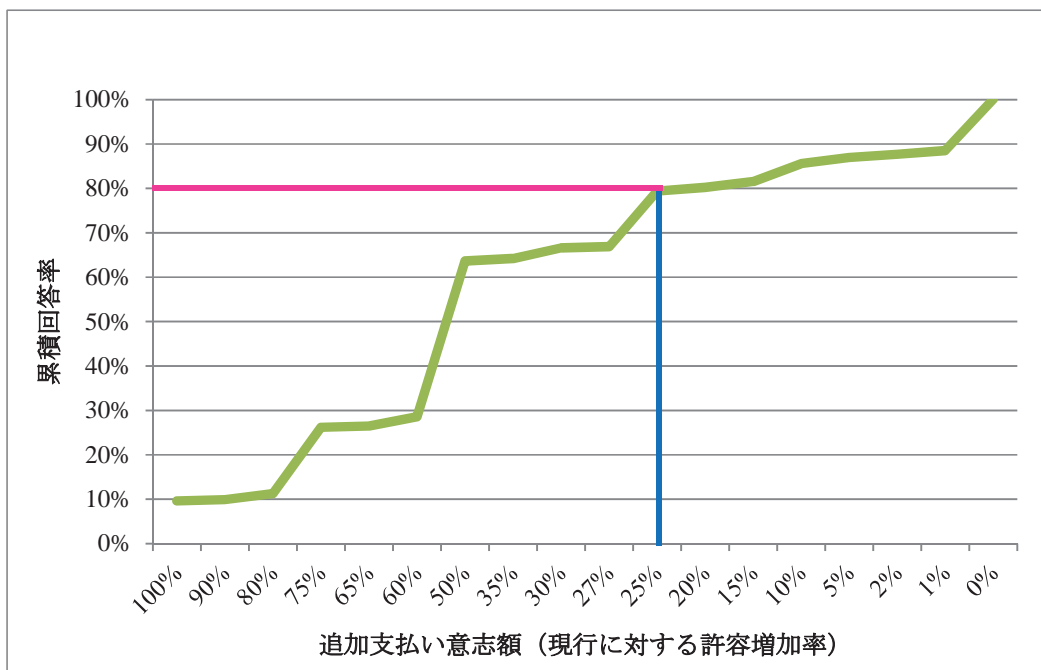


図 8.1 プロジェクト支払い意思額累計分布

表 8.2 は 25%増加の実質増加額を顧客タイプごとに示したものである。この増加額は下水道処理料金をすでに導入している Subotica の水準に近いもので、妥当性が高いといえる。

表 8.2 平均 25%上昇させる場合の下水道処理料金

顧客タイプ	現状		新規	
	上水 (RSD/m ³)	下水 (RSD/m ³)	下水処理 (RSD/m ³)	計 (RSD/m ³)
一般世帯	37.12	15	13.03	65.15
スポーツ/リクリエーション	40.56	15	13.89	69.45
その他	74.97	40.35	28.83	144.15

(2) 経済便益

下水道料金の増加は多くの人に受け入れられる必要があるため累積回答率 80%をカットオフ点としたが、回答者が受け入れ可能と判断した支払い意思額を経済便益と考える場合は、

全対象人口の支払い意志額の合計をもってプロジェクトの経済便益と考えることができる。したがって、支払い意志額の平均値(46%)に対象人口を乗ずることで経済便益を計算した。その結果、経済便益算出の単価は 42RSD/m³ となった。

8.2 投資

8.2.1 投資の範囲

財務・経済評価では評価理論設定上からいわゆる借款対象範囲と評価対象範囲は異なるものとなる。財務分析で投資コストとして含めるのは以下の項目である。

- プロジェクト建設費
- コンサルティングサービス
- プロジェクト管理経費
- 土地収用費
- 物理的コンティンジェンシー
- VAT およびその他の税金

財務分析から除外されるコストは物価上昇、金利および他の金融経費である。財務分析は、資金調達方法に関係なく、純粋なプロジェクト投資に対するリターンを算出するのが目的であり、そのベースは現在の価値であるため、物価上昇は含めないのが基本である。

一方、経済分析の方は分析の視点を国家経済におき、投資へのリターンを算定する。このため、国家の構成員間での資産のやりとりなど費用の発生しない行為は除外して分析を行う。これに相当するのが、税金、土地収用費などで、これらを除外して分析を行う。

表 8.3 は以上の前提に基づいて財務・経済分析用に投資コストをまとめ直したものである。

表 8.3 財務・経済投資コスト- 第1期事業

		1,000 EUR	
Item		Financial Cost	Economic Cost
A. ELIGIBLE PORTION			
I) Procurement / Construction		170,487	170,487
	Velico selo WWTP	108,971	108,971
	Interceptor No. 4 & 6	24,212	24,212
	Mostar P/S and Interceptor No	28,315	28,315
	Base cost for JICA financing	161,498	161,498
	Price escalation		
	Physical contingency	8,989	8,989
II) Consulting services		14,768	14,768
	Base cost	14,003	14,003
	Price escalation		
	Physical contingency	766	766
Total (I + II)		185,255	185,255
B. NON ELIGIBLE PORTION			
a	Procurement / Construction	0	0
		0	0
	Base cost for JICA financing	0	0
	Price escalation	0	0
	Physical contingency	0	0
b	Land Acquisition	7,163	0
	Base cost	6,815	
	Price escalation		
	Physical contingency	348	
c	Administration cost	10,608	10,608
d	VAT	42,430	
e	Import Tax	0	0
Total (a+b+c+d+e)		60,200	10,608
TOTAL (A+B)		245,456	195,863

なお、投資スケジュールは第7章の表 7.16 の年次別支出計画に従って行われるものと仮定する。

8.2.2 再投資

プロジェクトの全体の期間は通常 40-50 年に設定するが、投資の中でも機械/電気関連設備の寿命はより短い。通常こうした機器類は 15-25 年程度で更新する必要がある。したがって、設定としてはすべての機械・電気施設の投資は全額プロジェクト稼働後 20 年で再投資を前提にする。

8.3 運転保守費用

通常、運転保守費用には固定経費と変動費がある。前者は設備の稼働率に関係なく発生す

る費用であり、後者は処理量に比例するような経費である。それぞれの費用には次のようなものが含まれると仮定する。

固定経費

- 給与・日当
- スペアパーツ
- インターセプターの清掃

変動費

- 電力
- 凝集剤
- 汚泥処理
- その他の費用

8.3.1 給与/日当

表 8.4 及び表 8.5 はそれぞれのフェーズの施設ごとに必要とされる給与/日当費用の推計値を掲載する。

表 8.4 給与・日当 第1期事業

Positions	Wage (EUR/Month)	第1期事業				計	
		WWTP 第1期		モスタル PS		Number	Salary (EUR /Year)
		Number	Salary (EUR /Year)	Number	Salary (EUR /Year)		
Engineers	1,200	7	100,800	0	0	7	100,800
Technicians	700	11	92,400	8	67,200	19	159,600
Common Workers	500	12	72,000	0	0	12	72,000
計		30	265,000	8	67,200	38	332,400

表 8.5 給与・日当 第2期事業

Positions	Wage (EUR/Month)	第2期事業				計	
		WWTP 第2期		ウスチェ PS		Number	Salary (EUR /Year)
		Number	Salary (EUR /Year)	Number	Salary (EUR /Year)		
Engineer	1,200	0	0	0	0	7	100,800
Technicians	700	11	92,400	8	67,200	38	319,200
Common Worker	500	3	18,000	0	0	15	25,200
計		14	110,400	8	67,200	60	510,000

表 8.6 はセルビア国における 2005 年-2011 年の失業率の推移を示したものである。2008 年に 15%程度まで低下した失業率は 2011 年にはまた 25%まで上昇している。経済学的見た場合、失業者は活用されていない資源であり、国家経済にとっての経済費用はゼロと見なすことが可能である。この視点から、経済分析では労働費のコンバージョンファクターとし

て0.75を採用することとした。

表 8.6 セルビア国の失業率の推移 (2005年 - 2013年)

失業率 (% of Labor Force)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	21.83	21.56	18.8	14.7	17.4	20	24.4	25.552	25.6

注記: 2011年以降の値はIMFの推定値

出典: IMF, World Economic Outlook, Oct. 2012.

8.3.2 スペアパーツ

下水道処理場の機械/電気設備を良好な状態に保つためには定期検査などで不良部分を早期に発見し、スペアパーツと交換し、稼働可能状態に常に保つ必要がある。

表 8.7 に機械/電気設備のスペアパーツ年間必要額を示す。

表 8.7 機械/電気設備のスペアパーツ年間必要額

		第1期事業		第2期事業		計
機器		WWTP 第1期	Mostar PS	WWTP 第2期	Ušće PS	(1000EUR)
初期投資	機械	21,000	1,000	19,000	1,200	40,000
	電気	11,000	1,100	6,000	1,200	17,000
	計	32,000	2,100	25,000	2,400	57,000
スペアパーツ		512	34	400	38	912

表 8.8 に汚泥処理のスペアパーツ費用を示す。下水処理場でスラッジ処理のためにフィルタおよびスクリュープレスの導入が計画されている。これらのプロセスには大量のスペアパーツが必要となる。年間 941 セットのフィルタの交換および、スクリュープレスでは一セット当たり 5,677 EUR が年間に必要となる。

表 8.8 汚泥処理(フィルタ/スクリュープレス)のスペアパーツ費

スペアパーツ	事業	数量	単位	単価	単位	合計 (EUR)
フィルタ	第1期	941	Sets	120	EUR/SET	112,920
	第2期	941	Sets	120	EUR/SET	112,920
スクリュープレス	第1期	3	Sets	5,677	EUR/SET	17,031
	第2期	2	Sets	5,677	EUR/SET	11,354

8.3.3 インターセプターの清掃

大口径のインターセプターは汚水収集のバックボーンである。汚水の性状から定期的にインターセプターの清掃が保守面で必要となる。一メートル当たりの清掃コストは 26.5EUR/m と設定されている。表 8.9 はインターセプターごとの年間清掃コストを示したものである。

表 8.9 年間インターセプター清掃費用

	延長(m)	事業	費用 (EUR)
インターセプター No.1	425	第2期	11,300
インターセプター No.2	950	第2期	25,200
インターセプター No.3	1,810	第2期	48,000
インターセプター No.4	950	第1期	25,200
インターセプター No.6	850	第1期	22,500
インターセプター No.10	3,080	第1期	81,600
第1期事業 計	4,880		129,300
第2期事業 計	3,185		84,400
合計	8,065		213,700

注記: Unit Cost = 26.5 (EUR/m)

8.3.4 電力料金

下水処理場およびポンプ場の必要電力量は電気設備をすべてリストし、それぞれの稼働率を設定することにより推計されている。表 8.10 はこのようにして推計した施設ごとの処理量ごとの費用の推計である。

表 8.10 施設別の必要電力量

	単位必要量 (kWh/m ³)	電力料金 (EUR/kWh)	単価 (EUR/m ³)
Veliko Selo WWTP	0.140	0.08	0.011
Mostar PS	0.031	0.08	0.002
Ušće PS	0.033	0.08	0.003

8.3.5 凝集剤

下水処理において凝集剤は高度処理及びスラッジの脱水・濃縮に使用される。表 8.11 はスラッジ単位処理量当たりの凝集剤コストを推計したものである。

表 8.11 凝集剤費用

	Requirement (kg/m ³)	Unit Price (EUR/kg)	Unit Cost (EUR/m ³)
Alum	0.05988	0.16	0.00958
Polymer (濃縮)	0.00028	3.55	0.00099
Polymer (脱水)	0.00197	3.55	0.00699

8.3.6 汚泥廃棄費用

排出される汚泥は最終処分場に運搬、処理される必要がある。処理単価は 16.8 EUR/トンと設定した。これ下水処理単位に変換したものが表 8.12 の汚泥廃棄費用である。

表 8.12 汚泥廃棄費用

	発生量 (ton/m ³)	汚泥廃棄単価 (EUR/kg)	処理水単価 (EUR/m ³)
廃棄費用	0.000602	16.8	0.0101

8.3.7 その他の OM コスト

上記の主要 OM コストに加えてその他の費用は運転保守費用の全体の 10%と想定した。

8.3.8 運転保守費用のまとめ

主要な運転保守費用をまとめると次の表の通りである。

表 8.13 運転保守費用まとめ

区分	事業	財務費用	経済費用	単位	構成要素
固定費用	第1期	1,137	1,110	1000EUR/Year	Salary, Spare parts, Pipe Cleaning
	第2期	825	809	1000EUR/Year	
変動費用	第1期	0.041	0.040	EUR/m ³	Electricity Sludge Cake Disposal Coagulant
	第2期	0.042	0.041	EUR/m ³	

8.4 財務分析

表 8.14 はプロジェクトの第1期事業の財務分析キャッシュフロー表である。プロジェクト期間は2021年の運転開始から40年と設定する。財務投資内部収益率（FIRR）はいわばプロジェクト実施機関から見た投資収益率である。FIRRは結果として2.3%となっている。この収益率では通常金利での借り入れによるプロジェクトの実施は困難である。他方、ソフトな金利の借款を前提とした実施は理論上可能である。プロジェクトの第1期事業及び第2期事業までを含めた全体を評価すると、FIRRは4.3%に改善する。この場合でも、市場金利でのプロジェクトの実施は限界的な状況である。ソフトローンによるプロジェクト全体の実施は政府の補助を前提としなくても理論的には可能と判断することができる。

財務評価の前提条件の一覧は次の通りである。

- プロジェクト期間：運転開始から40年
- インフレーション：財務分析の標準方式に従い、物価上昇は見込まない。
- 収入：処理量に23RSD/m³を乗じた額で将来の価格値上げは想定しない
- 評価対象投資範囲：プロジェクト建設費、コンサルティングサービス、管理費用、土地収用費、物理的コンティンジェンシー、VAT、その他税金
- 評価対象外費用：建中金利、コミットメントチャージ、価格上昇、政府補助金
- OM費用：固定費第1期事業 = 1.137百万EUR/年、第2期事業 = 0.825百万EUR/年、変動費第1期事業 = 0.041 EUR/m³、第2期事業 = 0.042 EUR/m³、その他のOMコストは主要OM費用全体の10%
- FIRRは次の方程式を満足する割引率として導出される： $\sum_{i=1}^n \frac{R_i - C_i}{(1+d)^i} = 0$, n: プロジェクト最終年, i: i-番目の年, R_i: i年の収入, C_i: i年における投資及び運転保守費用, d: 割引率

表 8.14 財務キャッシュフロー表 -第1期事業

Year	Treatment Volume (m3/day)	Investment (EUR ' 000)	Operation Cost (EUR ' 000)	Revenue (EUR ' 000)	Operation Net Cash Flow (EUR ' 000)	Total Net Cash Flow (EUR ' 000)	Note
2014		9,730				-9,730	Engineering Start
2015		4,157				-4,157	
2016		1,053				-1,053	
2017		65,213				-65,213	Construction Start
2018		65,260				-65,260	
2019		65,788				-65,788	
2020		33,800				-33,800	
2021	172,640	455	4,070	12,589	8,519	8,064	Operation Start
2022	181,272		4,211	13,218	9,008	9,008	
2023	189,904		4,352	13,848	9,496	9,496	
2024	198,536		4,492	14,477	9,985	9,985	
2025	207,168		4,633	15,107	10,474	10,474	
2026	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2027	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2028	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2029	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2030	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2031	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2032	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2033	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2034	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2035	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2036	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2037	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2038	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2039	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2040	215,800	34,100	4,775	15,736	10,961	-23,139	
2041	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2042	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2043	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2044	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2045	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2046	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2047	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2048	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2049	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2050	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2051	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2052	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2053	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2054	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2055	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2056	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2057	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2058	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2059	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
2060	215,800		4,775	15,736	10,961	10,961	
Total		279,556	188,887	620,009	431,123	151,567	
NPV(@ 10%)		167,289	44,989	146,274	101,285	-103,453	

IRR = 2.29%

8.5 経済評価

表 8.15 はプロジェクトの第 1 期事業のキャッシュフロー表である。経済内部収益率(EIRR) は、国家経済の視点から見た投資効率の評価で、いわば政府を主体として投資効果を分析するものである。評価は実質コストによる評価が基本でこのためにインフレーションの影響を排除して考える。本プロジェクトにおける経済内部収益率 (EIRR) は 9.5%となった。第 1 期事業と第 2 期事業を含むプロジェクト全体の EIRR は 12%となる。国家経済から見た投資効率はどちらの事業でも良好と判断される。

経済評価の前提条件は次の通りである。

- プロジェクト期間：運転開始から 40 年
- インフレーション：経済分析の標準方式に従い、物価上昇は見込まない。
- 標準変換係数:為替市場の歪みは分析の誤差範囲と判断し、1 とする¹。
- 収入：処理量に RSD 46/m³ を乗じた額で将来の価格値上げは想定しない
- 評価対象投資範囲：プロジェクト建設費、コンサルティングサービス、物理的コンテインジェンシー
- 評価対象外費用：建中金利、コミットメントチャージ、価格上昇、土地収用費、V A T, その他税金、政府補助金
- OM費用：固定費第 1 期事業 =1.11 百万 EUR/年、第 2 期事業 =0.809 百万 EUR/年、変動費 第 1 期事業 =0.04EUR/m³, 第 2 期事業 =0.041EUR/m³その他の OM コストは主要 OM 費用全体の 10%;
- EIRR は次の方程式を満足する割引率として導出される: $\sum_{i=1}^n \frac{R_i - C_i}{(1+d)^i} = 0$, n: プロジェクト最終年, i: i-番目の年, R_i: i 年の収入, C_i: i 年における投資及び運転保守費用, d: 割引率

¹ セルビアの 2011 年の輸入額は 11,309 百万 EUR で貿易統計の誤差は 124 百万 EUR。 同期間の輸入関税は 320 百万 EUR で、平均課税率は 3%弱であった。統計誤差と輸入関税率の拮抗状態からして為替市場の歪みを議論する水準にないと判断した。したがって、この分析における標準変換係数は適用外、すなわち 1 と見なすこととした。

表 8.15 経済キャッシュフロー表 - 第1期事業

Year	Treatment Volume (m ³ /day)	Investment (EUR '000)	Operation Cost (EUR '000)	Revenue (EUR '000)	Operation Net Cash Flow (EUR '000)	Total Net Cash Flow (EUR '000)	Note
2014		986				-986	Engineering Start
2015		3,471				-3,471	
2016		877				-877	
2017		54,121				-54,121	Construction Start
2018		53,992				-53,992	
2019		54,257				-54,257	
2020		27,786				-27,786	
2021	172,640	373	3,997	23,164	19,166	18,794	Operation Start
2022	181,272		4,136	24,322	20,186	20,186	
2023	189,904		4,275	25,480	21,206	21,206	
2024	198,536		4,414	26,638	22,224	22,224	
2025	207,168		4,553	27,797	23,244	23,244	
2026	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2027	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2028	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2029	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2030	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2031	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2032	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2033	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2034	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2035	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2036	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2037	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2038	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2039	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2040	215,800	34,100	4,692	28,955	24,263	-9,837	
2041	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2042	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2043	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2044	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2045	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2046	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2047	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2048	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2049	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2050	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2051	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2052	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2053	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2054	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2055	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2056	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2057	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2058	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2059	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
2060	215,800		4,692	28,955	24,263	24,263	
Total		229,963	185,578	1,140,817	955,239	725,277	
NPV(@10%)		134,435	44,200	269,145	224,945	-7,142	

IRR = 9.46%

8.6 財政的持続可能性

8.6.1 前提条件

財務分析のもう一つの重要な評価軸は、プロジェクトの債務返済能力である。評価方法としては追加料金で投資と運転経費を合わせたすべての経費を賄うことができるかどうかを判定することである。この評価のために次のように円借款を前提に条件を追加した。

- 1) 借款返済猶予期間: 7年間
- 2) 返済期間: 25年間
- 3) 金利: 1.2%

プロジェクトの立ち上がりの期間では下水処理量が不足するために、運転経費を支出後の残余資金で元利返済のために十分な収入がない可能性が大である。しかしながら、猶予期間が終われば、元利返済を始める必要があるが、その際にはキャッシュが不足するため、追加資金が必要となる。この追加資金の調達に関しては次のような前提条件を追加する。

- 1) 借入期間: 1年
- 2) 金利: 5%/年 (実質金利を市場金利 10%-インフレーション率 5%から想定)
- 3) 借り入れ延長: 資金不足のために返済が不可能な場合には不足分を自動的に上記と同じ条件で自動的に借り入れることとする。

8.6.2 分析表の構造

表 8.16 から表 8.19 は債務返済能力分析をおこなったものであるが、それはキャッシュフロー表に追加する形で新たなコラムが追加されている。第三番目の列は円借款の債務残高を示している。この残高は返済猶予期間中も金利により増加する。返済が始まると、返済分だけ減じていくが、残高に金利分が追加される。第4番目の列は追加融資の残高を示す。第5列、6列はそれぞれ、円借款の返済額、追加融資返済額を表す。第9列、総合オペレーションフローは運転収支のキャッシュフローで、次の数式で計算される。第9列=収入(8列) - 運転経費(7列) - 投資(2列)である。次の第10列の総合キャッシュフローは第10列=収入(8列) - 運転経費(7列) - 投資(2列) + 円借款借り入れ(2列) - 円借款返済(5列) - 追加融資返済(6列)のプロジェクト実施主体にとっての最終的な純キャッシュフローを表している。

表 8.16 財務シミュレーション：ケース 1 - 料金 23RSD/m³ 円借款完済

Year	1.Treatment Volume (m3/day)	2.Investment (EUR '000)	3.JICA Debt Outstanding (EUR '000)	4.Additional Borrowing (EUR '000)	5.Repayment To JICA (EUR '000)	6.Repayment to Additional Lenders (EUR '000)	7.Operation Cost (EUR '000)	8.Revenue (EUR '000)	9. Operation Cash Flow (EUR '000)	10.Total Cash Flow (EUR '000)	11.Note
2014		816	816						-816		Engineering Start
2015		3,644							-3,644		
2016		1,096	1,096						-1,096		
2017		55,671	56,767						-55,671		Construction Start
2018		56,555	113,322						-56,555		
2019		57,870	171,192						-57,870		
2020		30,282	201,474						-30,282		
2021	172640	624	192,599	980	9,499	-980	4,070	12,589	7,895	0	Operation Start
2022	181272		185,412	1,520	9,499	-491	4,211	13,218	9,008	0	
2023	189904		178,138	1,598	9,499	-2	4,352	13,848	9,496	0	
2024	198536		170,777	1,192	9,499	486	4,492	14,477	9,985	0	
2025	207168		163,328	276	9,499	975	4,633	15,107	10,474	0	
2026	215800		155,789	0	9,499	290	4,775	15,736	10,961	1,173	
2027	215800		148,160	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2028	215800		140,439	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2029	215800		132,626	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2030	215800		124,719	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2031	215800		116,717	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2032	215800		108,619	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2033	215800		100,423	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2034	215800		92,130	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2035	215800		83,737	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2036	215800		75,243	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2037	215800		66,647	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2038	215800		57,948	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2039	215800		49,145	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2040	215800		40,236	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2041	215800		31,220	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2042	215800		22,096	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2043	215800		12,863	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2044	215800		3,518	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
2045	215800		-5,938	0	9,499	0	4,775	15,736	10,961	1,463	
Total		206,558			237,467		117,260	383,965	60,147	28,960	
NPV(@10%)		126,214					41,637	135,227	-78,187	7,568	

JICA Interest	1.20%
Additional Borrowing Interest	5%
Tariff Increase	23.0
Tariff Recovery	100%

IRR =	1.76%
-------	-------

表 8.17 財務シミュレーション：ケース2- 余剰無し 100% 料金回収・円借款完済

Year	1.Treatment Volume (m3/day)	2.Investment (EUR '000)	3.JICA Debt Outstanding (EUR '000)	4.Additional Borrowing (EUR '000)	5.Repayment To JICA (EUR '000)	6.Repayment to Additional Lenders (EUR '000)	7.Operation Cost (EUR '000)	8.Revenue (EUR '000)	9. Operation Cash Flow (EUR '000)	10.Total Cash Flow (EUR '000)	11.Note
2014		816	816						-816		Engineering Start
2015		3,644							-3,644		
2016		1,096	1,096						-1,096		
2017		55,671	56,767						-55,671		Construction Start
2018		56,555	113,322						-56,555		
2019		57,870	171,192						-57,870		
2020		30,282	201,474						-30,282		
2021	172640	624	192,599	1,810	9,499	-1,810	4,070	11,759	7,065	0	Operation Start
2022	181272		185,412	3,262	9,499	-1,362	4,211	12,347	8,136	0	
2023	189904		178,138	4,341	9,499	-915	4,352	12,935	8,583	0	
2024	198536		170,777	5,026	9,499	-468	4,492	13,523	9,031	0	
2025	207168		163,328	5,298	9,499	-21	4,633	14,111	9,478	0	
2026	215800		155,789	5,138	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2027	215800		148,160	4,970	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2028	215800		140,439	4,793	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2029	215800		132,626	4,607	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2030	215800		124,719	4,413	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2031	215800		116,717	4,208	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2032	215800		108,619	3,994	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2033	215800		100,423	3,768	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2034	215800		92,130	3,531	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2035	215800		83,737	3,283	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2036	215800		75,243	3,022	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2037	215800		66,647	2,748	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2038	215800		57,948	2,460	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2039	215800		49,145	2,158	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2040	215800		40,236	1,841	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2041	215800		31,220	1,508	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2042	215800		22,096	1,158	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2043	215800		12,863	790	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2044	215800		3,518	405	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2045	215800		-5,938	0	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
Total		206,558			237,467		117,260	358,653	34,835	0	
NPV(@ 10%)		126,214					41,637	126,313	-82,762	0	

JICA Interest	1.20%
Additional Borrowing Interest	5%
Tariff Increase	21.5
Tariff Recovery	100%

IRR =	1.06%
-------	-------

表 8.18 財務シミュレーション：ケース 3 - 余剰無し、90%料金回収・円借款完済

Year	1.Treatment Volume (m3/day)	2.Investment (EUR '000)	3.JICA Debt Outstanding (EUR '000)	4.Additional Borrowing (EUR '000)	5.Repayment To JICA (EUR '000)	6.Repayment to Additional Lenders (EUR '000)	7.Operation Cost (EUR '000)	8.Revenue (EUR '000)	9. Operation Cash Flow (EUR '000)	10.Total Cash Flow (EUR '000)	11.Note
2014		816	816						-816		Engineering Start
2015		3,644							-3,644		
2016		1,096	1,096						-1,096		
2017		55,671	56,767						-55,671		Construction Start
2018		56,555	113,322						-56,555		
2019		57,870	171,192						-57,870		
2020		30,282	201,474						-30,282		
2021	172640	624	192,599	1,810	9,499	-1,810	4,070	11,759	7,065	0	Operation Start
2022	181272		185,412	3,262	9,499	-1,362	4,211	12,347	8,136	0	
2023	189904		178,138	4,341	9,499	-915	4,352	12,935	8,583	0	
2024	198536		170,777	5,026	9,499	-468	4,492	13,523	9,031	0	
2025	207168		163,328	5,298	9,499	-21	4,633	14,111	9,478	0	
2026	215800		155,789	5,138	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2027	215800		148,160	4,970	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2028	215800		140,439	4,793	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2029	215800		132,626	4,607	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2030	215800		124,719	4,413	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2031	215800		116,717	4,208	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2032	215800		108,619	3,994	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2033	215800		100,423	3,768	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2034	215800		92,130	3,531	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2035	215800		83,737	3,283	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2036	215800		75,243	3,022	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2037	215800		66,647	2,748	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2038	215800		57,948	2,460	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2039	215800		49,145	2,158	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2040	215800		40,236	1,841	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2041	215800		31,220	1,508	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2042	215800		22,096	1,158	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2043	215800		12,863	790	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2044	215800		3,518	405	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
2045	215800		-5,938	0	9,499	425	4,775	14,699	9,924	0	
Total		206,558			237,467		117,260	358,653	34,835	0	
NPV(@10%)		126,214					41,637	126,313	-82,762	0	

Capital Subsidy	0%	JICA Interest	1.20%
		Additional Borrowing Interest	5%
		Tariff Increase	23.8
		Tariff Recovery	90%

IRR =	1.06%
-------	-------

表 8.19 財務シミュレーション：ケース 4 - 40 million EUR 余剰, 90%料金回収・円借款完済

Year	1.Treatment Volume (m3/day)	2.Investment (EUR '000)	3.JICA Debt Outstanding (EUR '000)	4.Additional Borrowing (EUR '000)	5.Repayment To JICA (EUR '000)	6.Repayment to Additional Lenders (EUR '000)	7.Operation Cost (EUR '000)	8.Revenue (EUR '000)	9. Operation Cash Flow (EUR '000)	10.Total Cash Flow (EUR '000)	11.Note
2014		816	816						-816		Engineering Start
2015		3,644							-3,644		
2016		1,096	1,096						-1,096		
2017		55,671	56,767						-55,671		Construction Start
2018		56,555	113,322						-56,555		
2019		57,870	171,192						-57,870		
2020		30,282	201,474						-30,282		
2021	172,640	624	192,599	624	9,499	-624	4,070	12,945	8,251	0	Operation Start
2022	181,272		185,412	772	9,499	-117	4,211	13,592	9,381	0	
2023	189,904		178,138	422	9,499	389	4,352	14,239	9,888	0	
2024	198,536		170,777	0	9,499	443	4,492	14,887	10,394	452	
2025	207,168		163,328	0	9,499	0	4,633	15,534	10,901	1,402	
2026	215,800		155,789	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2027	215,800		148,160	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2028	215,800		140,439	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2029	215,800		132,626	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2030	215,800		124,719	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2031	215,800		116,717	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2032	215,800		108,619	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2033	215,800		100,423	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2034	215,800		92,130	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2035	215,800		83,737	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2036	215,800		75,243	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2037	215,800		66,647	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2038	215,800		57,948	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2039	215,800		49,145	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2040	215,800		40,236	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2041	215,800		31,220	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2042	215,800		22,096	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2043	215,800		12,863	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2044	215,800		3,518	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
2045	215,800		-5,938	0	9,499	0	4,775	16,181	11,406	1,907	
Total		206,558			237,467		117,260	394,817	71,000	40,000	
NPV(@10%)		126,214					41,637	139,049	-76,226	11,262	

Capital Subsidy	0%	JICA Interest	1.20%
		Additional Borrowing Interest	5%
		Tariff Increase	26.2
		Tariff Recovery	90%

IRR =	2.05%
-------	-------

8.6.3 債務返済可能料金

表 8.16 は料金を 25%上げた際の債務返済シミュレーションである。すべての経費と債務返済を履行した上で、最終的に 29 百万 EUR の余剰金を残す結果となっている。全く余剰を残さないシナリオでは必要な追加料金は 23.3% あるいは 平均 21.5 RSD/m³ である。感度分析では、料金徴収が 100%でないケースも追加して行っている。現状では料金回収は 100%ではなく、回収に時間的な後れが発生しており、料金債務不履行になる場合もある。代替ケースとしては 90%の回収率を想定している。この際には返済可能料金は 25.9%増加あるいは平均 23.8 RSD/m³ の追加である（表 8.16 の第一列、第 2 行）。また、実際には 25 年の返済期間後には、機械・電気設備を中心とした設備更新投資を必要とする。この更新費用は若干余裕を見ると約 40 百万 EUR である。このシナリオの結果は表 8.16 に示すように 100%の料金回収率では 25.7%増加あるいは平均 23.6 RSD/m³ の追加料金、90%の料金回収率では 28.5% 増加あるいは 26.2 RSD/m³ の追加料金で目標を達成できる。

上記の結果は表 8.20 にまとめる。

表 8.20 債務返済の採算可能料金

	2045 年余剰無し	2045 年余剰 EUR 40 million
料金回収率 100%	23.3% 増加 (21.5 RSD/m ³)	25.7% 増加 (23.6 RSD/m ³)
料金回収率 90%	25.9% 増加 (23.8 RSD/m ³)	28.5% 増加 (26.2 RSD/m ³)

8.6.4 公的資本補助での債務返済可能料金

さらに追加で検討すべきことはベオグラード市の公的資金による投資への補助金がある場合の債務返済のシナリオである。補助金水準別の採算確保料金の分析結果は表 8.21 にまとめる。料金回収率 90%を前提にしているが、表 8.20 の補助無しの場合に比べてかなり採算可能料金は低くなっている。

表 8.21 資本補助付き債務返済の採算可能料金- 料金回収率 90%

	2045 年余剰無し	2045 年余剰 40 million EUR
資本補助 20%	22.4% 増加 (20.6 RSD/m ³)	25.1% 増加 (23.1 RSD/m ³)
資本補助 40%	19.0% 増加 (17.4 RSD/m ³)	21.7% 増加 (19.9 RSD/m ³)
資本補助 80%	12.0% 増加 (11.0 RSD/m ³)	14.8% 増加 (13.6 RSD/m ³)

8.6.5 支払い可能料金

料金の増額に際して、もう一つの重要な検討項目は、需要側の支払い能力の限界を超えていないかという点である。一般に国際標準的な上下水道料金の支払い限界は収入の3-5%とされている。ベオグラード市の統計によれば、市の世帯人数は2011年で世帯あたり平均2.7人であった。一人あたりの水需要を一日200リットルと仮定すると、一ヶ月あたり世帯水需要は 16.2m^3 となる。2011年の市の労働人口は576,905人、一方総世帯数は604,154世帯であったので、一世帯あたりの就業者数は0.95人だったことになる。また、労働者一人あたりのベオグラード市における平均収入は59,174 RSD/月であった。世帯あたりに直すと57,023 RSD/月の収入で、上下水道の支出限界額は月あたり1686から2,851 RSDということになり、これを一月あたりの消費量 16.2m^3 で除すると限界料金は104-176 RSD/ m^3 となる。現在の世帯向け上下水道料金52.12 RSD/ m^3 に下水処理料金として10から30 RSD/ m^3 追加しても支払いの上限額を上回ることはない。したがって理論的には平均的なベオグラード市民の支払い能力の限界内の追加料金であるといえる。しかしながら、失業率30%に代表される現在の経済状況を鑑みると、経済的に恵まれないグループへの経済的打撃を緩和するための方策がのぞまれる。そうした方策には累進料金、そして建設資金への補助による資本負担の軽減等の措置が考えられる。

8.6.6 ベオグラード市及びベオグラード上下水道公社の債務負担

基本的に借款の債務返済責任は、実施機関であるベオグラード市が負うべきものであるが、市政府としては、運営機関であるベオグラード上下水道公社がその料金回収により返済することを方針としている。上記の分析は、提言する追加料金により返済は可能であると結論づけているが、実際の成否は、下水道料金の追加が十分な水準で認められるかどうかにかかっている。上下水道の本質は、それがライフラインであるという点である。現在セルビア国が直面する経済的状況を鑑みると、借款を完済できる水準での料金改定の実現性は乏しいかもしれない。また、財務分析の示す2.3%の財務収益率は投資プロジェクトとしては財務的には実施機関にとって収益率の高いものではない。あらゆるプロジェクトは不確定要素を抱えており、それが財務収益率を損なう可能性は常に存在する。

プロジェクトの適切な保守管理とプロジェクト便益の実現を保証するためには、現実的にプロジェクト運営機関への支援が必要である。この目的を実現するためには次の三点を提言したい。

- 1) 資本補助: プロジェクト実施機関はベオグラード市である。市当局としては、実質運営機関であるベオグラード上下水道公社に債務を全額移転するのではなく、その一部を保留することにより、債務負担を軽減することが望まれる。環境保護またEUの環境基準準拠といった大きなプロジェクトの公的目標を考慮すると、保留の意義は十分にある。

- 2) 下水道料金追加：提案する追加料金は上下水道料金に対する 25%である。低所得者あるいは失業者への影響を軽減し、支払い能力を損なわないためには、累進料金制度の採用を提言する。表 8.22 にその例を示すように、水使用量の増加に合わせて単位料金自体も増加するように料金体系が設計されるのが望ましい。

表 8.22 累進料金の例

	消費ランク (m ³ /月)	上水料金 (RSD/m ³)	下水収集	下水処理	合計
			(RSD/m ³)	(RSD/m ³)	(RSD/m ³)
家庭	10	19	8	7	33
	15	37	15	13	65
	20	45	18	16	78
	50	56	23	20	98
	100	81	30	28	139
その他	100	60	32	23	115
	200	90	48	35	173
	300	112	61	43	216

- 3) 現在の従業員の移転とトレーニング：ベオグラード上下水道公社に対する行政の方針として、経費の削減のための従業員数の削減がある。現在の組織の合理化により、プロジェクトの運転に必要な人員の 30-50%は、現在の従業員からの移転で要員の確保は可能である。その一方、ベオグラード上下水道公社には下水処理場運転の経験はない。適切なトレーニングが重要であり、長期的な組織の能力を維持していくためにも若い人材の雇用も必要である。

上記の分析に示すように、借款返済可能性、料金増加および支払い可能性と持続的な操業はプロジェクト財務の三位一体の関係にある。借款締結前に全体の整合性の確保の合意を関連機関間で形成し、プロジェクトの健全な財務体質の形成が重要である。

8.7 上下水道関連組織

8.7.1 ベオグラード上下水道公社(BVK)

(1) 組織及び業務

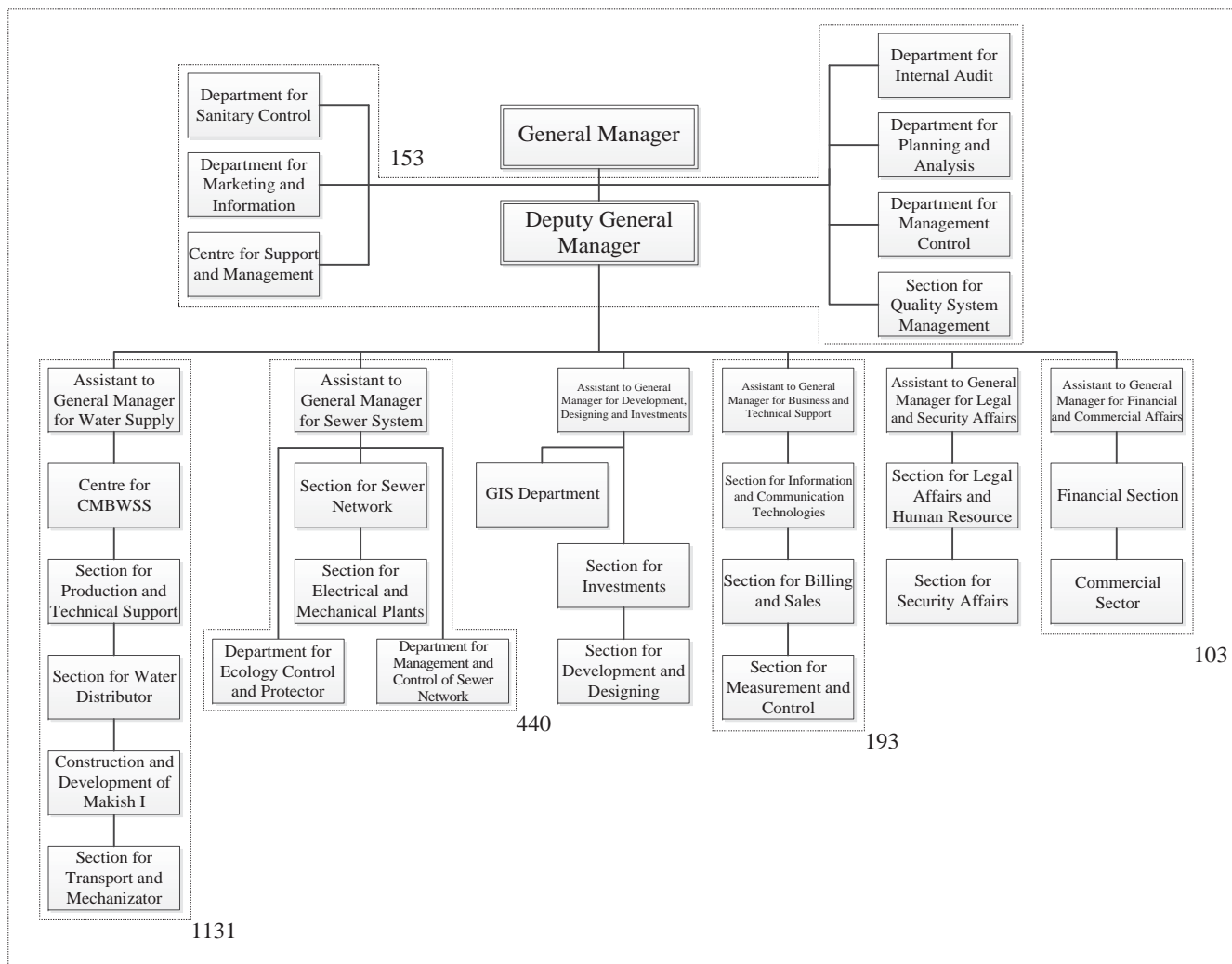
BVK の組織図を図 8.2 に示す。BVK はベオグラード市に所属する財務・組織面においてはほぼ独立した公社で、市長が任命権を持つのは公社総裁(図中.General Manager)のみである。2012年7月30における総職員数は2,525人である。上水の浄水および配水の保守運転部門のスタッフは、1,131人で最大の部門である。現在の下水処理部門のスタッフ数は440名である。現業部門の他に検針・料金徴収部門に193人、財務・経理部門に103人のスタッフがいる。また、総裁、副総裁直属の経営支援部門に153人のスタッフを擁している。

(2) 下水道部門

図 8.3 は下水道部門の詳細な組織図である。この部門は大きく 4 つのセクションからなっている。Environment Control & Protection セクションは要員 14 名で、排水分析などを行っているラボが中心となっている。Control and Management of Sewerage System セクションは要員 18 名で、下水道部門の総務・運営部門である。技術部門は 2 つのセクションに分かれており、Sewerage Network セクションは要員 317 名で、下水管網の保守管理を担当している。その中核の Technical Department はエンジニアを中心に要員 10 名で全体の管理を行っている。排水管網は地理的に 3 つの部門に分割されており、Unit 1 の要員は 48 名、Unit 2 の要員は 47 名、Unit 3 の要員は 45 名から構成されている。Unit Sewerage Channel Equipment and Material は要員 28 名で、主に材料の在庫管理を行っている。Unit for Sanitation of Defects and Reconstructions は要員 37 名で、排水管網の検査、補修を行っている。Unit Specialized Vehicles は要員 97 名で、洗浄車などの運転管理を行っている。設備としては 9 台の小口径排水管洗浄車、9 台の中口径排水管洗浄車、3 台の側溝洗浄車、6 台のインターセプター洗浄車、2 台の手動吸引器、1 台のバキュームカー、トラックである。第二の技術部門は Electro-mechanical Equipment セクション、要員 89 名で、主に市内各所のポンプ場の保守運転を行っている。このセクションは Unit Central Belgrade (要員 29 名)、Unit Central System Novi Sad (要員 29 名) および Unit Maintenance of Facilities (要員 24 名)に分かれている。

排水管網保守のコントロール室はモスタル ポンプ場に設置されている。SCADA により、市内各所 37 のポンプ場の遠隔操作管理を実現している。コントロール室にはカスタマーセンタがあり、ここで市民からの苦情及び異常についての連絡を受け取り、オペレーターは近傍にいる GPS を搭載した洗浄車をモニターでサーチして、指令を出す仕組みになっている。このシステムはミハイル/ピピン研究所によって設計・構築されたシステムで、GPS は GSM の第 2.5 世代ともいわれる GPRS 携帯電話ネットワークで接続されており、低廉なネットワーク構築を達成している。

KfW の援助により、BVK は、キプロスの企業が開発した資産管理データベースシステムの導入している。このシステムはパイプ、バルブ、浄水場、ポンプ、貯水場、下水管、マンホールの設備、及び顧客などを管理することができるもので、すべての保守業務発注、実施の記録を残すだけでなく、管網分析用の水理モデルとも連動している。上水道ネットワークのデータサーベイはほぼ完了しているが、下水道についてのデータサーベイは 60%程度を終えた段階で予算が打ち切られたままになっている。本プロジェクトを契機に管網のデータ整備を完了し、データベースがその能力を発揮できるようになることが望まれる。経営情報システム整備についていえば、日本の水準に匹敵するレベルとなっているが、実際の運用の予算の捻出が問題である。



注記：図中の数字は従業員数を示す

図 8.2 BVK の組織図

2525

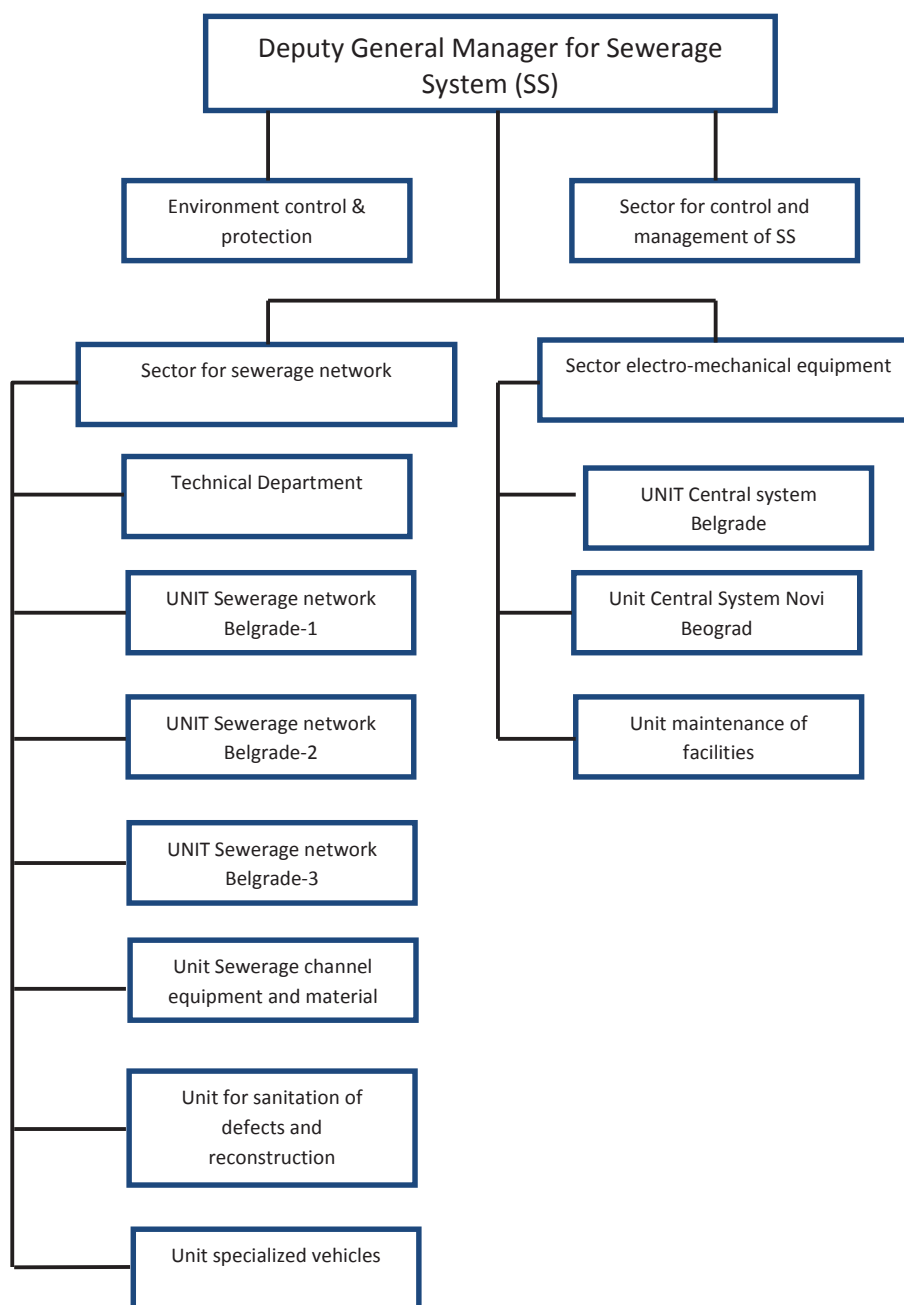


図 8.3 下水部門の組織図

(3) ベオグラード上下水道公社の収入

表 8.23 と表 8.24 は 2012 年第一四半期の BVK の上下水道サービスの売り上げのデータである。総接続数は約 42 万である。この期間に消費された上水総量は約 19 百万 m³ で、同時期に課金された下水総量は約 12 百万 m³ であった。消費者あたりの上水日消費量は 505l であった。現在の排水網は雨水の合流式も一部存在するので、下水量は水増しされるはずである。しかしながら、上水と下水消費量の比率は 64%であり、消費者単位当たりの下水消

費量としては低めの値である。現在、ベオグラード市の水道網よりも排水網の方がカバーする地域が小さいために起きる乖離と推察される。料金収入面では下水は上水の 39%であった。

表 8.23 ベオグラード上下水道公社の上水収入

カテゴリー	接続数	水量 (m ³)	請求額 (RSD)	TAX (RSD)	合計 (RSD)
世帯・直接徴収	323,543	6,555,513	225,430,953	18,034,655	243,465,608
商業関連世帯	502	31,251	1,036,059	16,067	1,052,126
スポーツ・レクリエーションセンター	104	138,660	5,495,782	439,663	5,935,444
産業・公共機関	70,716	11,795,511	818,293,801	65,305,120	883,598,921
住居を伴う産業	25,389	590,493	40,993,890	3,279,245	44,273,135
産業料金の世帯	90	3,332	202,554	16,204	218,758
計	420,344	19,114,759	1,091,453,039	87,090,953	1,178,543,992

出典：BVK

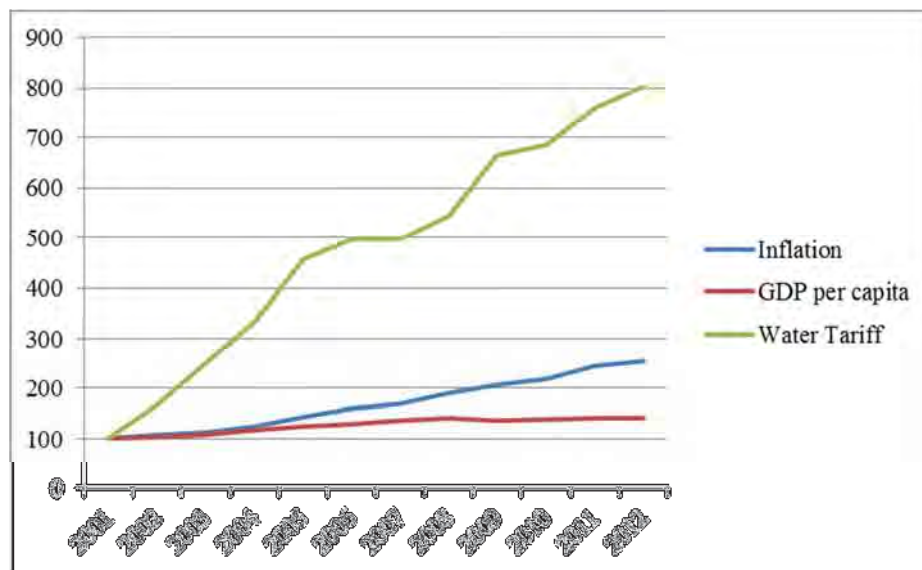
表 8.24 ベオグラード上下水道公社の下水収入

カテゴリー	水量 (m ³)	請求額 (RSD)	TAX (RSD)	合計 (RSD)
世帯・直接徴収	1,163,202	16,206,000	1,296,478	17,502,478
商業関連世帯	30,401	412,744	6,017	418,761
スポーツ・レクリエーションセンター	138,660	2,137,939	171,035	2,308,974
産業・公共機関	10,343,257	386,260,141	30,815,590	417,075,731
住居を伴う産業	492,149	18,404,155	1,472,206	19,876,361
産業料金の世帯	2,445	71,989	5,759	77,748
計	12,170,113	423,492,968	33,767,085	457,260,054

出典：BVK

(4) 料金体系

2000年までBVKの上下水道料金は1.55 RSDという公共補助色の強い料金に設定されていた。2001年にこの料金は400%の切り上げをされ、6 RSDに改定された。それ以後も毎年、料金改定は継続され、2001年と2012年の間に料金は約8倍となった(図8.4)。この料金の上昇はその間のインフレーションと一人当たりGDPの増加の伸びを合算した伸びをも大きく超えるものであった。こうした料金の値上げは業務改革とともに、ベオグラード上下水道公社の財務状況の改善に大きく寄与している。2007年以降の料金の上昇はほぼインフレーションと歩測を合わせる形で改定が行われている。



出典：インフレーションおよび、国民一人当たり GDP データは IMF, World Economic Outlook April2012; 料金データは、ベオグラード上下水道公社。

注記：インフレーションおよび GDP の 2011 年、2012 年の値は推測地である。料金は上下水道両方を含み付加価値税は含まないものである

図 8.4 インフレーション、一人当たり GDP、上下水道料金の変化

表 8.25 に示すように BVK の料金体系は、下水道料金が上水道料金を下回るように設定されている。料金は顧客別に家庭、スポーツ・レクリエーション施設、その他でそれぞれ、水道料金の 40%、37%、54% に設定されている。2011 年まで家庭下水料金は上水料金の 25% に固定されていたが、9 月に 40% に引き上げられている。通常、下水料金は上水料金とほぼ同じ水準に設定されるのがこのセクターの共通点であるが、低めの設定は下水処理がされていないことを反映しているものと推量される。下水処理導入に伴う料金引上げに対する顧客の反応については更に調査を行う必要がある。Subotica 市ではすでに下水処理プラント稼働しているが、表 8.26 に示すように、下水収集と下水処理を別々の課金費目として計上している。環境保護意識に訴えた同様のアプローチの採用はベオグラード市においても可能性を検討する必要がある。

表 8.25 ベオグラード上下水道公社料金体系 (2012 年)

顧客	上水 (RSD)	下水 (RSD)	計 (RSD)
一般世帯	37.12	15.00	52.12
スポーツ・レクリエーション	40.56	15.00	55.56
その他	74.97	40.35	115.32

表 8.26 Subotica 市上下水道料金表

No.	分類/種別	税抜き料金 (RSD/m ³)	合計 (RSD/m ³)	税込み料金 (RSD/m ³)
個別住宅及び集合住宅				
1	上水道料金	39.90	77.18	83.35
2	下水道収集料金	18.25		
3	下水道処理料金	19.03		
法人				
1	上水道料金	48.11	116.11	125.40
2	下水道収集料金	30.00		
3	下水道処理料金	39.00		
個人営業				
1	上水道料金	48.11	102.28	110.46
2	下水道収集料金	26.57		
3	下水道処理料金	27.60		

注記：個別住宅及び集合住宅の水使用量が月 25m³ を越えた場合、25m³ を越える水量には法人の料金が適用される。

現在の料金は他の欧州の都市、あるいは日本と比較しても低水準にある。しかしながら、下水処理機能追加に伴う料金の引き上げの住民の支払い可能性をさらに調査する必要がある。

(5) ベオグラード上下水道公社の財務分析

決算監査（表 8.27 と表 8.28）および年次報告書という公表情報に基づき、BVK の財務的持続可能性について検討する。

BVK では通常の上水道サービスの売り上げに加えて内部の建設行為も「Revenue resulting from output and merchandize」という仕訳のもと、売り上げの一部として算入している。その金額は表 8.28 にあるように 300-400 百万 RSD と少額ではない。

表 8.27 貸借対照表：ベオグラード上下水道公社（2011年）

Unit: 1000 RSD

		31.1.2011	31.12.2010
ASSETS			
Intangible assets	5	137,180	13,627
Property, plant and equipment	6	87,222,848	80,013,573
Equity investments	7	1,454	2,757
Other long-term financial investments	8	29,329	28,666
Total Non-Current Assets		87,390,811	80,176,623
Inventory	9	604,226	732,202
Receivables	10	2,617,043	1,888,945
Short-term financial investments	11	200,000	987,724
Cash and cash equivalents	12	486,274	943,226
Value-added tax, prepayments and accruals	13	92,234	171,929
Total Current Assets		3,999,777	4,724,026
Deferred income tax assets	14	375,243	375,243
Operating Assets		91,765,831	85,275,892
TOTAL ASSETS		91,765,831	85,275,892
EQUITY AND LIABILITIES			
Initial equity		36,025,996	36,023,927
Revaluation reserves		57,546,003	54,819,952
Unrealised losses on available for sale financial assets		(2,462)	(1,159)
Retained earnings		9,712	44,549
Loss		(7,542,771)	(10,444,885)
Total Equity	15	86,036,478	80,442,384
Long-term provisions	16	34,437	64,563
Long-term loans	17	123,342	290,155
Other long-term liabilities	18	9,757	9,758
Total Long-term Provisions and Liabilities		167,536	364,476
Short-term financial liabilities	19	855,561	280,000
Liabilities from operations	20	1,532,157	1,176,656
Other short-term liabilities	21	130,259	118,548
Liabilities for VAT and other duties and accruals	22	2,668,597	2,518,585
Total Short-term Liabilities	23	5,186,574	4,093,789
Deferred income tax liabilities		375,243	375,243
Total Provisions and Liabilities		5,729,353	4,833,508
TOTAL EQUITY AND LIABILITIES		91,765,831	85,275,892
Off Balance Sheet Liabilities	24	(596)	(596)

出典：BVK

表 8.28 損益計算書：ベオグラード上下水道公社（2011年）

期間：2011年1月1日から2011年12月31日				
Group of accounts	Name of item	EDP	Amount in RSD x 1000	
			Current year	Previous year
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	A. INCOME AND EXPENSES			
	I. OPERATING REVENUE (202+203+206+204-205)	201		
60 and 61	1. Revenues from sales	202	7,845,745	7,226,179
62	2. Income from the performance of the goods	203	7,235,562	6,708,150
630	3. Increase in inventory performance	204		
631	4. Decrease in inventories effect	205		
64 and 65	5. Other operating income	206	260,366	226,227
	II. OPERATING EXPENSES (208 to 212)	207	7,785,882	7,223,204
50	1. Cost of sold goods	208	113	224
51	2. Cost of materials	209	1,713,462	1,505,612
52	3. Wages, salaries and other personal expenses	210	3,162,193	2,948,790
54	4. Depreciation and amortization	211	1,495,818	1,360,635
53 and 55	5. Other operating expenses	212	1,414,296	1,407,943
	III. OPERATING INCOME (201-207)	213	88,863	2,975
	IV. OPERATING LOSS (207-201)	214		
66	V. FINANCIAL INCOME	215	325,563	244,664
56	VI. FINANCIAL EXPENSES	216	100,527	73,730
67 and 68	VII. OTHER INCOME	217	381,154	422,462
57 and 58	VIII. OTHER EXPENSES	218	650,125	523,106
	IX. PROFIT BEFORE TAX (213-214+215-216+217-218)	219	44,928	73,265
	X. LOSS FROM CONTINUING OPERATIONS BEFORE TAXES (214-213-215+216-217+218)	220		
69-59	XI. NET INCOME FROM DISCONTINUED OPERATIONS	221		
59-69	XII. NET LOSS FROM DISCONTINUED OPERATIONS	222	35,216	28,716
	B. PROFIT BEFORE TAX (219-220+221-222)	223	9,712	44,549
	C. LOSS BEFORE TAX (220-219+222-221)	224		
721	1. Tax expense	225		
722	2. Deferred tax expense	226		
722	3. Deferred income tax benefit	227		
723	D. PAID TO EMPLOYER	228		
	E. NET INCOME (223-224-225-226+227-228)	229	9,712	44,549
	F. NET LOSS (224-223+225+226-227+228)	230		
	G. NET INCOME ATTRIBUTABLE TO EQUITY	231		
	H. NET PROFIT ATTRIBUTABLE TO EQUITY HOLDERS OF THE PARNET	232		
	1. Basic earnings per share	233		
	2. Impairment (diluted) earnings per share	234		

出典：BVK

表 8.29 は BVK の財務指標のまとめである。BVK の財務状況は長期的な持続可能性を有していると判断できる。さまざまな指標の中、水道事業においてもっとも重要な指標は、売り上げによる運転経費比率の指標で、これは保守運転経費と売上の比率で表される。この指標によれば過去 2 年間、保守運転費用は売り上げの 80% を下回っている。さらに会計キャッシュ・フロー比率（経常利益+減価償却費を売り上げで除したもの）も売り上げの 20% に達している。

流動性比率は 2010 年まで目安となる 100% を超える値を保っていたが、2011 年には 77% に下がっている。売上キャッシュ比率も 2010 年の 13% から 2011 年には 6% に低下している。2011 年は利益率、流動性ともに低下している。しかしながら、詳しく損益計算書を分析すると、営業利益は 2011 年に前年の 3 百万 RSD から 89 百万 RSD に増加している。ただし、未収金の引き当て金などの特別支出が、6 億 50 百万 RSD 計上されているため、最終的な税引前損益は 9.7 百万 RSD の利益にとどまっている。

キャッシュフローを見ると、営業キャッシュフローも 6 億 60 百万 RSD から 7 億 67 百万 RSD に増加している。一方、投資活動（主に建設行為）は 2010 年の 18 億 47 百万 RSD から 2011 年は 30 億 53 百万 RSD に増加しており、営業のキャッシュフローの余剰以上に大幅にマイナスとなっている。この不足は借入によるキャッシュフローで補っているが、2010 年は 17 億 92 百万 RSD の借入があったのに比べ、2011 年は 8 億 29 百万 RSD の借入れに抑えている。この結果、キャッシュ残高は 2010 年の 9 億 43 百万 RSD から、2011 年末の残高は 4 億 57 百万 RSD 減少し、4 億 86 百万 RSD となっている。

2011 年における資産に対する平均減価償却比率は 1.7% であった。資産総額が大きいので、減価償却費は主な機械等の保守・改修を行うには十分は金額であるが、すべての資産の長期的な改修のための積立としては不十分かもしれない。2008 年のデータでは、総資産の 5.5% が減価償却されていた。その後の大幅な減少は、資産価値ではなく、資産評価方法の大幅な変更が 2009 年、2010 年と行われたためであると推察され、より現実的な水準に引き下げられたようである。

収益上最大の障害となっているのが、倒産あるいは再建途上にある大企業の未払金である。表 8.30 は BVK の抱える主な不良債権（未収金）の大ロリストである。中でも大きいのがベオグラード市のユーティリティ料金の徴収を一括代行している INFOSTAN からの未収金である。INFOSTAN とは年に 2 回清算することになっており、長いインターバルは資金繰り上も、負の影響を及ぼしている。

表 8.29 ベオグラード上下水道公社財務指標

単位：1000RSD

財務指標	2011	2010	2009	2008	2007
Revenue (A)	7,874,745	7,226,179	7,012,697	6,267,384	6,813,389
Operating Cost (B)	7,785,000	7,223,204	7,225,565	9,923,150	9,889,917
Depreciation (C)	1,495,818	1,360,635	1,859,782	4,406,677	4,644,155
Operation Cost w/o Depreciation (D)	6,290,064	5,862,569	5,365,783	5,516,473	5,245,762
Ope. Exp/Revenu (D)/(A)	79.9%	81.1%	76.5%	88.0%	77%
Net Profit (Loss) (E)	9,712	44,549	172,082	-4,020,181	-4,349,916
Retained Earnings(F) = (E)+(C)	1,505,530	1,405,184	2,031,864	386,496	294,239
Assets (G)	87,222,848	80,013,573	79,592,579	80,286,961	82,057,296
Deprecation Ratio (D)/(G)	1.7%	1.7%	2.3%	5.5%	5.7%
Retained Earn./Sales Ratio (F)/(A)	19.1%	19.4%	29.0%	6.2%	4.3%
Current Asset (H)	3,999,777	4,724,026	3,366,660	2,739,362	2,578,813
Current Liability (I)	5,186,574	4,093,789	1,962,256	1,594,272	1,473,300
Liquidity Ratio (H)/(I)	77.12%	115.39%	171.57%	171.83%	175.0%
Cash at the end of period (J)	486,274	943,226	679,681	647,138	141,697
Cash/Sales Ratio (J)/(A)	6.18%	13.05%	9.69%	10.33%	2.1%

出典：BVK、比率は JICA 調査団作成

表 8.30 ベオグラード上下水道公社未収金

No	未収金のある企業	未収金 (RSD)
1	PUC "Infostan"	2,831,867,665
2	Ivo Lola Ribar in AD restructuring	134,323,144
3	IMT AD in restructuring	125,641,211
4	SOEs RECORD HOLDING bankrupt	78,557,451
5	"Foundry" LLC in bankruptcy	74,996,908
6	"VIZAHEM" LLC in bankruptcy	51,091,731
7	Public Enterprise Serbian Railways	46,053,544
8	IMR AD in restructuring	32,180,479
9	"Laborer" from construction materials industry in bankruptcy	31,652,648
10	"21 May" factory Automot LLC in restructuring	25,428,865
11	"Beostan" SOE restructuring	24,726,190
12	Other consumers	2,020,578,166
	Total	5,477,098,002

出典：BVK Annual Report 2011

(6) 料金回収

現在、上下水道料金は同一請求書により料金徴収がなされている。表 8.31 は上下水道の回収率を示したものである。料金回収率は 2011 年は約 90%であった。上下水道料金の約 50% は INFOSTAN という料金徴収代行会社によって集金されている。しかしながら、INFOSTAN にはいまだに多額の過去の未収金が存在する。プロジェクト実施後も上下水道料金の一体請求は継続されると考えられる。

表 8.31 ベオグラード上下水道公社料金回収率

単位：1000RSD

	Category	2010年末 未収金	2011年 請求額	2011年 受領額	全回収率 (%)	2011年 回収率 (%)	貸し越し
1	2	3	4	5	5/(3+4)	5/4	8
1	INFOSTAN	2,340	3,794	3,302	53.8	87	2,832
2	Economy and institutions	1,691	3,276	3,045	61.3	92.9	1,922
	Total	4,031	7,070	6,347	57.2	89.8	4,754

出典：BVK Annual Report 2011

(7) 運営指標

財務指標に加えて、上下水道組織の経営効率を図る有効な指標がいくつかある。もっとも簡易な指標が、接続数 1000 当たりの職員数で、次が無収水 (Non-Revenue Water) 第三番目が財務指標としても上げている運営指標 (運営コスト/収入) である。

接続数・職員数比率については 1 から 2 人であれば大変に優秀、4 から 6 人であれば、標準的といえることができる。無収水についてはまずは 30%が目標となる。運営指標は 100%以下でなければ正常な運転が不可能ということであり、50~60%に抑えられていれば、優秀な経営と考えてよい。表 8.32 は 2011 年 BVK における無収水の算出根拠を示した表である。

表 8.33 は以上の運営指標をまとめたものである。全般的に BVK は余剰人員を抱えており、これらの人員は主に建設部門に配置されている。更に過去の未収金が財務上の足かせとなっているなど、改善点もあるが、全般に効率的な経営が達成されている。ベオグラード上下水道公社は世界的に言えば平均的、途上国の中では良好な運営指標を達成している。これは過去 10 年間の改善の成果であり、持続的な改善が重要となる。

表 8.32 無収水算定表

単位：m³/年

生産水量 202,026,490	自己消費量 9,970,068					
	配水量 192,056,422	適格消費量 130,587,825 (68.0%)	請求消費 127,834,825 (66.6%)	メータ計測による請求消費 127,080,210	有収水量 127,834,825	
				メータ計測によらない請求 754,615		
			損失量 61,468,597 (32.0%)	未請求消費 2,753,000 (1.4%)		メータ計測した未請求消費 771,000
					メータ計測していない未請求消費 1,982,000	
		漏水等 52,346,599 (27.3%)		盗水等 9,121,998 (4.7%)	不法使用 960,282	
					計量誤差 8,160,716	
				不明水量		
				送配水での漏水		
				配水池での損失		

出典：BVK Annual Report 2011

表 8.33 ベオグラード上下水道公社運営指標

指標	単位	値
接続 1000 当たりの職員数	人/1000 接続数	6.0
無収水	%	33.4
運転指標 (運転経費/売上)		80 %

8.7.2 ベオグラード市都市開発公社 (LDA)

LDA はベオグラード市の一機関で、市内で行われる主要な公共事業の計画・建設監理を一貫して行っている組織である。最近の主要なプロジェクトはサヴァ川渡河橋、新ドノウ橋、さらには現在建設が進んでいる Veliko Selo までの約 7km のインターセプタートンネル工事 (2012 年 12 月に完工) などがある。

LDA の機能としては次の 5 つがある。

- 入札図書作成
- 入札監理
- 土地収用
- プロジェクト管理
- 建設監理

LDA の人員総数は主にエンジニアからなる約 150 名で、その組織構成は図 8.5 に示すとおりである。

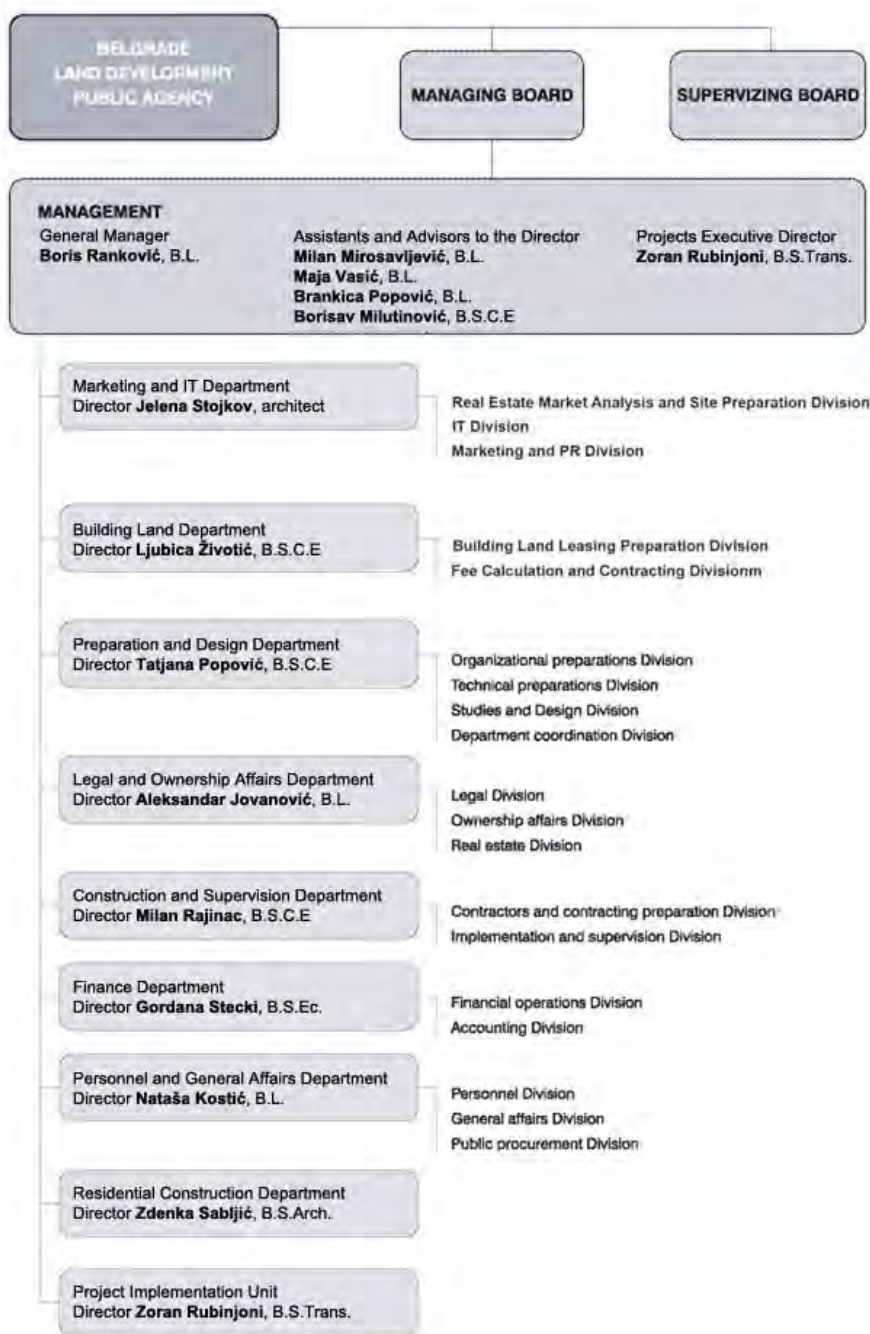


図 8.5 ベオグラード市都市開発公社組織図

公社の収入の 99.9%がベオグラード市予算からの繰り入れであり、その内の 94%を建設行為に支出している。職員への給与は支出の 3%である。同様に貸借対照表からも、資産の最も大きな科目は 94%を占めている未完成工事支出金である。他のドナーからも LDA はそのプロジェクトマネジメント能力を評価されており、財務諸表の整備状況から、資金管理も正確に行われていると評価できる。

8.7.3 ベオグラード市

1991年7月24日にセルビア議会により制定された「The Law on Territorial Organisation and Local Self-Government」が同国における地方自治体の組織と業務範囲を定義するものである。同法によるとセルビアは195の市町村と4つの特別市に分割される。4つの特別市はベオグラード、ニシュ、ノビサド、クラグエバツで、市議会を有しており、法制定、財政面で他の自治体に比べてより自治権が強い。ベオグラード市は17のミュニシパリティから構成され、住民は約160万人である。

(1) 組織

市政府は14の局 (secretariat) からなっている。

局:

- 1) Secretariat for Finance
- 2) Secretariat for Urban Planning and Construction
- 3) Secretariat for Utilities and Housing Services
- 4) Secretariat for Property Rights and Building Inspection
- 5) Secretariat for Transport
- 6) Secretariat for Environmental Protection
- 7) Secretariat for the Economy
- 8) Secretariat for Culture
- 9) Secretariat for Education
- 10) Secretariat for Sport and Youth
- 11) Secretariat for Health Care
- 12) Secretariat for Social and Children's Welfare
- 13) Secretariat for Inspections
- 14) Secretariat for Administration

この他に専門サービス室 (Professional Services) という名称の専門機能を提供するオフィスがある。

専門サービス室には以下のオフィスがある。

- 1) Assembly Affairs and Regulations Service
- 2) Service for Information
- 3) General Affairs Services
- 4) Services for Communications and Coordination of Public Relations
- 5) Public Procurement Services
- 6) City Assembly Chairman's Office
- 7) Mayor's Office

この他に、より独立した、専門組織が存在する。

市の専門組織には次のものがある。

- 1) Institute of Informatics and Statistics
- 2) Agency for Commercial Space of the City of Belgrade
- 3) Agency for Budgetary Revision
- 4) Agency for Cooperation with NGOs and for European Harmonization

更には、市には次の完全に独立した機関を有している。

- 11 の公共ユーティリティ事業会社
- 9 の公営企業と 1 組織
- 36 の文化機関 (劇場、文化ホール、博物館、図書館など)
- 17 の幼児施設(保育園など)
- 3 の福祉施設
- 3 のスポーツ機関
- 27 の医療施設 (市民クリニック、薬局、医療センターなど)

BVK はそれぞれ上述の 11 の公営ユーティリティ公社の一つ、LDA は 9 の公営企業の一つである。

公営ユーティリティ公社は次の 11 組織である。

- 1) Water Supply and Sewage of Belgrade (BVK)
- 2) Funeral Services
- 3) City Marketplaces
- 4) District Heating Plants of Belgrade
- 5) Greenery Belgrade
- 6) City Sanitation
- 7) Parking Services
- 8) Public Lightening
- 9) Urban Public Transport Enterprise "Beograd"
- 10) Road Maintenance
- 11) PUC "Infostan"
- 12) City Housing

上下水道事業に関連するもう一つの市組織としては 11) にあげられている INFOSTAN がある。INFOSTAN はベオグラード上下水道公社の上下水道料金を含む公共料金を一括して集金する組織である。

9 つの公営企業は次の通りである。

- 1) Belgrade Land Development Public Agency, PE
- 2) Belgrade Urban Planning Bureau, PE
- 3) RTV Studio B, Public Broadcast Company
- 4) Sava Center, PE

- 5) Ada Ciganlija, PE
- 6) Belgrade Fortress, PE
- 7) Arena Beograd d.o.o.
- 8) Belgrade Racecourse, PE
- 9) Veterinary Institution Veterina Beograd
- 10) Belgrade water, PE
- 11) Belgrade Zoo Garden, PE

(2) PUC Infostan(インフォスタン)

PUC Infostan は 1978 年、ベオグラード市の公共料金を一括して徴収するために設立された組織である。ベオグラード市の管理の下、インフォスタンは公共ユーティリティ公社、公営企業、その他市事務所の支払いデータを共有し、一括した請求を行っている。対象顧客数は市民 52 万人、代行する機関は 18 種のサービスを提供する 13 機関である。インフォスタンの従業員は約 230 名で組織は次の三部門に分かれている。

- Aggregated Collection Department,
- Accounting Department, and
- Legal, Technical and Administrative Department.

(3) ベオグラード市の財務分析

表 8.34 はベオグラード市の収支決算書である。貸借対照表は表 8.35 および表 8.36 に示している。キャッシュフロー表は表 8.37 である。調査団による市の財務分析は表 8.38 にまとめている。収入は 2009 年から 2011 年の間に 23%増加しているが、自主財源はこの期間 11%しか増えていない。増加の残りは基本的に外部からの借り入れによる収入である。この期間、ベオグラード市は積極的に資本整備をすすめ、資本整備費用は 30%の増加を示している。この状況にもかかわらず、ベオグラード市の財政状況は健全である。自己財源比率は 82%で、高い財務能力を示しており、借入金の収入に占める比率は 18%に過ぎない。経常経費の自己財源に対する比率は 70%であり、したがって残りの 30%は投資的経費へ支出を可能にしている。借り入れの投資に対する比率は 47%で、債務収入比率は 63%、債務自己財源比率は 77%、債務サービスの自己財源比率は 4%に過ぎない。債務は収入の規模に比べて低く、債務サービス費用も未だきわめて低い。

(4) ベオグラード市のプロジェクト債務返済能力

ベオグラード市が本プロジェクトの債務返済責任をすべて負った場合、現在の債務に 240 億 RSD が市の貸借対照表に追加されることになる。セクション 8.6 の財務分析によれば、返済猶予期間後の元利返済額は年間約 11 億 RSD である。表 8.38 から明らかのようにこれは現在の債務サービス費用比率を 1.4%増加させる結果となる。この追加負担はベオグラード市の財務能力で対応が可能であることを示している。しかしながら、現在建設が行われ

ているサヴァ川横断橋などの積極的なインフラ整備への投資のために債務サービスは急速にその比率が上昇しており、10%にまもなく近づくことが予測されている。自治体の借入れに対しては法的歯止めが用意されている。セルビアの国法である「Law on Public Debt, nr. 61/2005, 107/2009 and 78/2011 (33-36 条)」は地方自治体の債務サービスの上限を総収入の15%に制限している。また、「Law on Budget System、(‘Official Gazette RS’ nr.54/2009, 73/2010, 101/2010, 101/2011 and 93/2012) (27 条)」は総収入の10%以下に予算不足を抑制することを義務づけている。こうした借入れ、予算制約が将来ベオグラード市の借入れ能力に制限を及ぼす可能性はある。

表 8.34 ベオグラード市収支決算書

I. Budget Funds	2011	2010	2009
1. Revenues and receipts realized:			
- Current revenues (7)	62,786,286	59,676,158	52,001,310
- Receipts from disposal of non-financial assets (8)	-	-	-
- Borrowings and disposal of financial assets (9)	14,280,909	11,638,291	5,830,612
- Unspent funds carried forward from previous years (3)	1,059,897	1,967,909	5,598,944
Total realized revenues, receipts and funds carried forward 1 (7+8+9+3)	78,127,092	73,282,358	63,430,866
2. Costs and outlays paid:			
- Current expenses (4)	44,562,101	44,042,147	38,105,645
- Cost of non-financial assets procurement (5)	29,841,466	26,414,418	22,866,820
- Principal paid and financial assets procurement (6)	2,332,352	1,765,896	490,492
Total costs and outlays paid 2 (4+5+6)	76,735,919	72,222,461	61,462,957
3. Difference between total revenues, receipts and funds carried forward and total costs and outlays (1-2)	1,391,173	1,059,897	1,967,909
- Surplus in 2011	1,047,996	1,005,840	1,851,918
- Funds carried forward from previous years	343,177	54057	115,991
II. Funds on Earmarked Sub-Accounts of Direct Beneficiaries			
1. Revenues and receipts realized from other sources (7+8+9)	2,709,168	2,405,139	2,335,283
2. Unspent funds carried forward from previous years (3)	95,141	51,701	475,010
3. Total (1+2)	2,804,309	2,456,840	2,810,293
4. Costs and outlays paid from other sources (4+5+6)	2,709,010	2,316,328	2,665,604
5. Difference between total revenues, receipts and total costs and outlays (3-4) - Surplus	95,299	140,512	144,689
III. Funds on Sub-Accounts of Indirect Beneficiaries from Own Sources		-	
1. Revenues and receipts realized from other sources (7+8+9)	3,511,742	3,166,095	2,850,931
2. Costs and outlays paid from other sources (4+5+6)	3,589,095	3,158,246	2,709,047
3. Difference between total revenues, receipts and total costs and outlays (1-2)	77,353	7,849	141,884

出典: City of Belgrade Official Gazette

表 8.35 ベオグラード市貸借対照表 (1)

Economic Classification	Item	2011		2010		2009	
		Amount	Sub-Total	Amount	Sub-Total	Amount	Sub-Total
11	Property and equipment	187,796,716		53,268,496		46,563,942	
14	Natural resources	290,552,289		17,235		17,235	
15	Non-financial assets in progress and prepayments	22,627,046		19,730,756		10,785,214	
16	Intangible assets	477,879		391,837		497,099	
	01 Non-financial assets in non-current assets		501,453,930		73,408,324		57,863,490
21	Inventories		37,295,775		24,705,147		181,917
22	Inventories of consumables and office supplies	48,162		74,762		16,816	
	02 Non-financial assets on stock				250,237		198,733
	0 Non-financial assets		501,854,699		73,658,561		58,062,223
			521,309,431		23,772,503		
111	Long-term domestic financial assets	313,176		5,734		61,233	
112	Long-term foreign financial assets			1,050,344			
	11 Long-term financial assets		313,176		1,107,684		61,233
121	Cash, precious metals, securities	2,786,578		1,828,495		2,941,961	
1221	- Budget sub-account	1,390,597		1,059,287		1,965,960	
1222	- Treasury	1,020		103		3,931	
1223	- Foreign-currency sub-account			421,614		684,742	
1224	- Earmarked sub-accounts of direct beneficiaries	1,394,961		347,491		287,328	
122	Short-term receivables	8,487,281		7,254,762		4,944,252	
123	Short-term investments (prepayments)	67,545		207,035		273,757	
	12 Cash, precious metals, securities, receivables and short-term investments		11,341,404		9,290,292		8,159,970
131	Prepayments and accrued income	7,800,152		8,829,516		6,561,224	
	13 Prepayments and accrued income		7,800,152		8,829,516		6,561,224
	1 Financial assets		19,454,732		19,227,492		14,782,427
I	TOTAL ASSETS:		521,309,431		92,886,053		72,844,650
351	OFF-BALANCE ASSETS		24,248,950		23,772,503		5,345,676

出典: City of Belgrade Official Gazette

表 8.36 ベオグラード市貸借対照表(2)

EQUITY AND LIABILITIES							
Economic Classification	Item	2011		2010		2009	
		Amount	Sub-Total	Amount	Sub-Total	Amount	Sub-Total
212	Long-term liabilities - foreign	30,177,169		20,471,593		13,792,153	
21	Long-term liabilities						13,792,153
242	Liabilities based on subsidies	24,477		95,781			
243	Liabilities based on donations, grants and transfers	29,060					
244	Liabilities for social security	985					
245	Liabilities related to other expenses	55,332		43,899		613	
24	Liabilities related to other expenses, except for employee costs		109,854		13,968		613
251	Advances received, deposits and caution money	90,488		103,582		135,341	
252	Trade payables	771,459		578,946		623,386	
254	Other liabilities	68,682		1,006,986		1,017,351	
25	Operating liabilities		930,629		1,689,514		1,776,078
291	Accruals and deferred payments	10,921,547		9,421,215		5,199,059	
29	Accruals and deferred payments		10,921,547		9,421,215		5,199,059
2	Liabilities		49,257,805		35,955,556		20,767,903
311	Capital	469,650,491		54,708,535		50,000,936	
31	Capital		469,650,491		54,708,535		50,000,936
321121	Excess of revenues and receipts - Surplus	1,143,295		1,146,352		1,966,607	
321121a	- Budget sub-account					1,851,918	
321121b	- Earmarked sub-account of direct beneficiaries					145	
321311	Retained excess of revenues and receipts from previous years to the Budget sub-account	1,257,840		1,075,610			
32	Financial result		2,401,135		2,221,962		2,075,811
3	Capital sources, operating results and off-balance records		472,051,626		56,930,497		52,076,747
II	TOTAL EQUITY AND LIABILITIES				92,886,053		72,844,650
352	OFF-BALANCE EQUITY AND LIABILITIES		24,248,950		23,772,503		5,345,676

出典: City of Belgrade Official Gazette

表 8.37 ベオグラード市キャッシュフロー表

Economic Classification	Item	2011		2010		2009	
		Amount	Sub-Total	Amount	Sub-Total	Amount	Sub-Total
I – Cash inflows include:							
7	Current revenues		65,056,755		61,659,765		53,976,100
	- Budget sub-account	62,786,286		59,676,158		52,001,310	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	2,270,469		1,983,607		1,974,790	
8	Receipts from disposal of non-financial assets		438,699		421,532		360,943
	- Budget sub-account						
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	438,699		421,532		360,943	
9	Receipts from borrowings and disposal of financial assets		14,280,909				5,830,612
	- Budget sub-account	14,280,909		11,638,291		5,830,612	
	I - Total cash inflows(7+8+9)		79,776,363		73,719,588		60,167,205
II – Cash outflows include:							
4	Current costs and expenses		46,804,250		45,989,991		40,054,743
	- Budget sub-account	44,562,101		44,042,147		38,105,645	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	2,242,149		1,947,844		1,949,098	
5	Outlays for non-financial assets		30,308,328		26,782,902		23,583,326
	- Budget sub-account	29,841,467		26,414,418		22,866,820	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	466,861		368,484		716,506	
6	Outlays for payment of principal and financial assets acquisition		2,332,352		1,765,896		490,492
	- Budget sub-account	2,332,352		1,765,896		490,492	
	II – Total cash outflows (4+5+6)		79,444,930		74,538,789		64,128,561
	III - Cash inflows SurplusI (I-II)		331,433		-819,201		-3,961,356
	- Budget sub-account	331,275		-908,012		-3,631,035	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	158		88,811		-329,871	
	IV - Opening cash balance		2,877,716		3,965,399		-
	- Budget sub-account	1,480,901		2,650,702		-	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	1,396,815		1,314,697		-	
	V – Adjusted inflows for calculated assets received		79,883,274		74,463,616		60,561,660
	- Budget sub-account	77,067,810		71,738,012		58,171,337	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	2,815,464		2,725,604		2,390,323	
	VI – Adjusted inflows for calculated assets paid		79,975,535				64,206,234
	- Budget sub-account	77,158,115		72,907,813		61,464,906	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	2,817,420		2,643,383		2,741,328	
VII	CASH BALANCE AT THE END OF THE YEAR (IV+V-VI)		2,785,455		2,877,819		2,938,165
	- Budget sub-account	1,390,596		1,480,901		2,650,702	
	- Sub-accounts of direct beneficiaries	1,394,859		1,396,918		287,463	

出典: City of Belgrade Official Gazette

表 8.38 ベオグラード市財務分析

		Unit: RSD thousand		
S.I.	Item	2011	2010	2009
(1)	Total Revenue	78,127,092	73,282,358	63,430,866
(2)	Self Generated Revenue	63,846,183	61,644,067	57,600,254
(3)	Current Expenditure	44,562,101	44,042,147	38,105,645
(4)	Finance Through Borrowing	14,280,909	11,638,291	5,830,612
(5)	Current Surplus	18,252,505	15,669,774	13,921,357
(6)	Investment	30,308,328	26,782,902	23,583,326
(7)	Capital Deficits	12,055,823	421,532	360,943
(8)	Loan Principal and Interest Payment (Debt Service)	2,332,352	1,765,896	490,492
(9)	Constructed Properties and Progress	210,423,762	72,999,252	57,349,156
(10)	Total Liabilities	49,257,805	35,955,556	20,767,903
(11)	Self Revenue Ratio (2)/(1)	82%	84%	91%
(12)	Borrowing : Revenue Ratio (4)/(1)	18%	16%	9%
(13)	Current Exp.: Self Gen Revenue Ratio (3)/(2)	70%	71%	66%
(14)	Borrowing : Investment Ratio (4)/(6)	47%	43%	25%
(15)	Total Liability: Revenue Ratio (10)/(1)	63%	49%	33%
(16)	Total Liability: Self Generated Revenue (10)/(2)	77%	58%	36%
(17)	Debt Service: Self Generated Revenue (8)/(2)	4%	3%	1%

出典: City of Belgrade Official Gazette, JICA Study Team

8.8 実施体制

実施体制としてはまず建設段階では調達公示、評価、コンサルタント・コントラクター
の選定を行い、調達工事図書、建設物その他のアウトプットの承認、支払い承認を行い、
プロジェクト実施を円滑に管理するためのタスクフォースを設立することが望まれる。こ
のタスクフォースは実施機関であるベオグラード土地開発公社が任命すべきもので、通
常 **Project Implementation Unit (PIU)** と呼称される。その実施体制として図 8.6 に示すような
組織が想定される。PIU を統括するプロジェクトマネージャーは実施機関が任命する。PIU
の業務は大きく分けて 3 つの分野がある。まず最初の課題が土地収用である。Veliko Selo
処理場にはかなりの土地所有者が存在し、彼らとの交渉をまとめ、土地収用を終えること
がプロジェクトの前提条件となる。プロジェクトの遅滞なく実施するためには専門の部隊
が必要である。

施設の建設としては Veliko Selo 下水処理場とインターセプター/ポンプ場という二種類の施
設がある。2 つの建設は同時進行の必要性を考えると、組織もそれぞれに対応した 2 つのセ
クションが必要である。プロジェクトマネージャーの下に調達書類を管理する専門家を置

くことにより、技術使用と全体の統一性を確保することが容易になる。

PIU の主な業務は次のごとくである。

(1) 全体業務：

- プロジェクト実施に際し、セルビア政府、ベオグラード市、ベオグラード都市開発公社、ベオグラード上下水道公社、その他関連機関、コンサルタント、コントラクター間の調整、連携を行う。
- プロジェクト進捗状況を監督し、対立、進捗の遅れ、コスト超過を予測、そのインパクトを最小化するように努める。
- 計画に基づいて、プロジェクトが品質を確保しつつ、スケジュール通りに進むように資源配分を行う。
- 不測の事態が発生して、プロジェクトの目的達成の障害になった場合には契約変更、その他の手段により目的達成を図る。
- 交通混雑、工事による新規参入者などプロジェクトにより地域にもたらされる影響について地域、NGO、その他ステークホルダーの参画を促し、密接な連絡をとり、必要な対策を講じる。
- 土地収用、ロケーションパーミット、建設許可、EIA 認可などプロジェクト実施に必要な許可、ライセンスを取得する。
- プロジェクトの進捗、実施課題について JICA と密接な連絡をとり、対応策を協議する。
- コンサルタントの調達の入札図書を準備し、調達を執り行う。
- コントラクター調達の入札図書の準備を監督する。
- コンサルタントの支援を受けてコントラクター、サプライヤー調達の監督を行う。
- コントラクターの契約遵守を監督する。
- プロジェクト実施上浮上した問題を解決するために、契約変更その他の方法を実施する。
- 完成した施設の試験および運転のための訓練を監督する。

(2) 法務・住民対応セクション：

- 土地収用の計画を立案する。
- 土地収用の交渉を行い、以上の契約を締結する。
- 環境管理計画の立案を監督する。
- コントラクターが環境管理計画の遵守をするように監督を行う。
- 影響を受ける地域コミュニティと連絡をとり、プロジェクト実施の際に住民との良好な関係を構築する。

(3) 下水処理場およびインターセプター・ポンプ場セクション：

- コンサルタントおよびコントラクター調達のための入札図書を準備する。

- コンサルタントおよびコントラクターの入札書の評価を技術的に行う。
- 技術的知見から設計、施設入札の仕様などの監督を行う。
- 入札書類の見積もりを評価する。
- コンサルタントおよびコントラクターのアウトプットおよび進捗を監督する。
- プロジェクトマネージャーを支援して契約交渉を行う。
- 工事仕掛かり、在庫、積み残し業務、不良品などの記録および財務記録を保つ。
- 目的とするアウトプットを達成できるように業務の変更等の助言を行う。

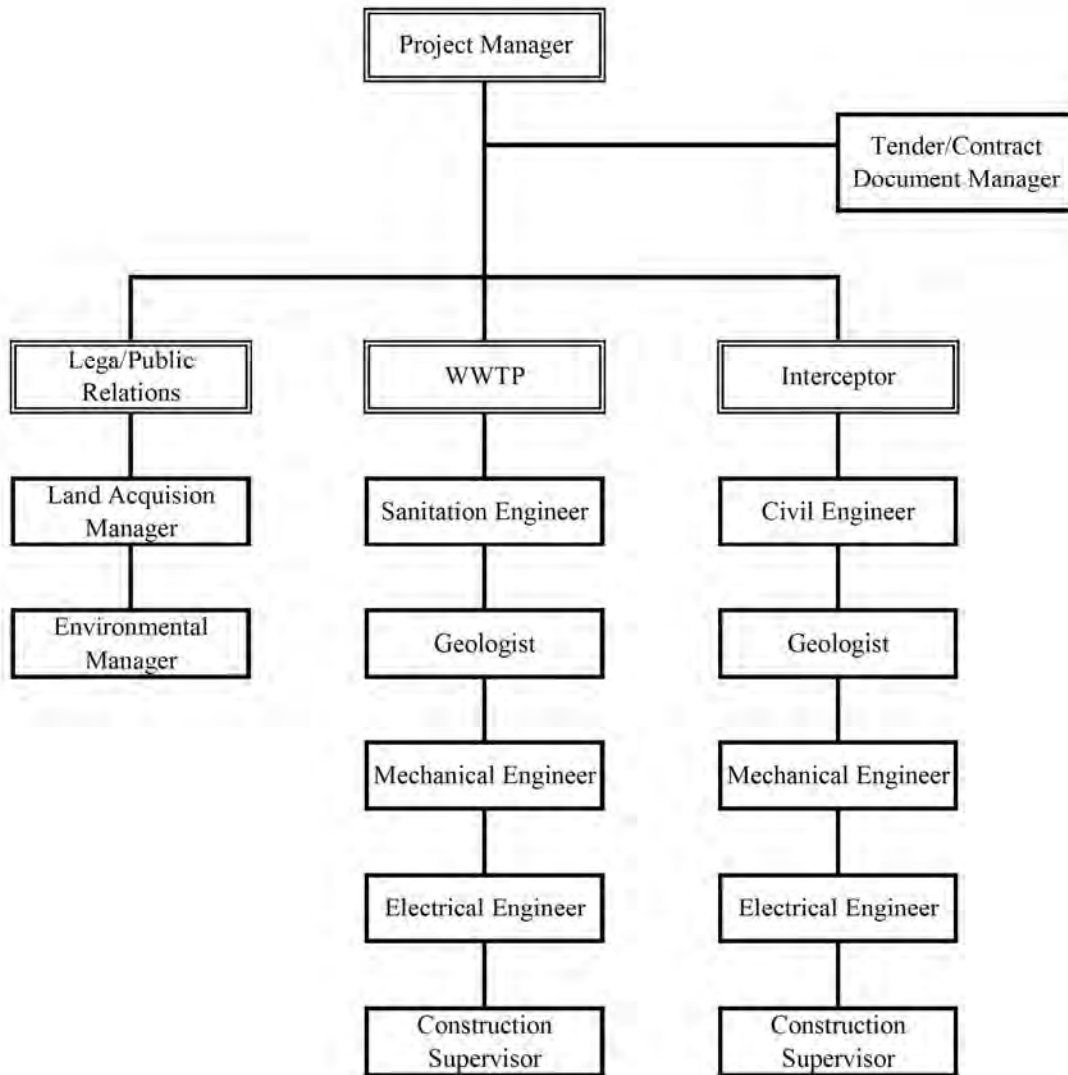


図 8.6 実施体制

運営機関

本プロジェクトにおける下水処理場およびポンプ場の運営組織は BVK である。BVK は、現在 Ušće を含むポンプ場の運営を行っており、かつ下水管網の保守管理も行っている。BVK は下水処理場運営の経験は有していない。しかしながら、全般に技術者、マネージャー共に必要な教育、技術力を有していると思われる。コントラクターが行う施設の運転訓練あ

るいは必要に応じ研修を実施することで必要技能を吸収できると思われる。また、2009年に運転開始した Subotica 下水処理場の例がある。ここでは人員補強のために若いエンジニアを一人雇用しており、問題なく稼働している。現在、同処理場は稼働を続けている。これまでの排水管網の保守およびポンプ場監理の実績からしても、BVKは核となる技術者、技能者、マネージャーを雇用し、訓練を実施することができれば、十二分に管理する能力があると考えられる。現在、BVKは余剰人員を抱えており、政策としては、まずこうした人員の活用策として Veliko Selo 下水処理場および Mostar ポンプ場の要員として転用することが優先される。しかしながら、BVKの従業員の平均年齢は45歳で有り、最も若い従業員は27歳と組織の高齢化が進みつつある。若い人材の雇用による組織の技術力の持続は重要な課題である。

図 8.7 に本プロジェクト実施のための下水道部門の組織改変案を提示する。

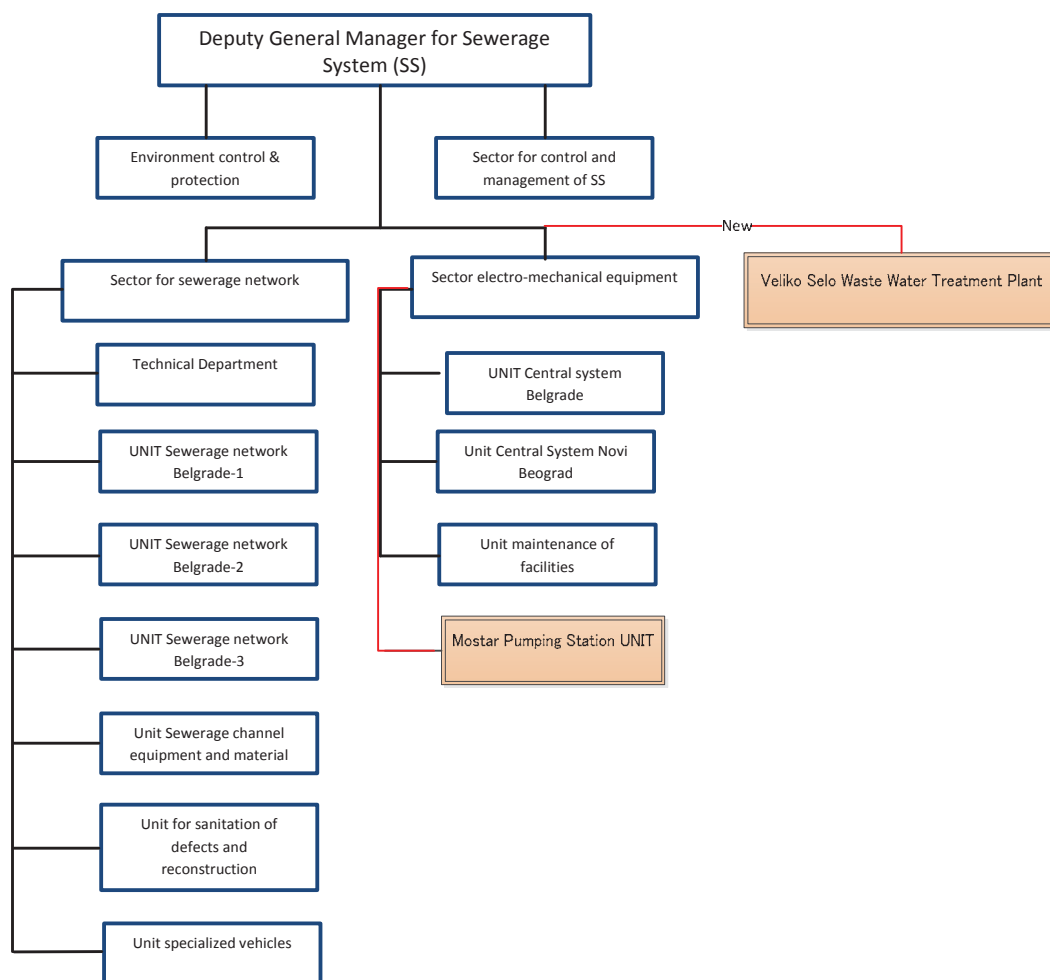


図 8.7 ベオグラード上下水道公社の下水道部門組織改編案

8.9 リスク分析と対策

表 8.39 は建設から操業までの段階における想定しうるリスクを列举し、その発生可能性、影響および取り得る対策をまとめたものである。リスクは事前にあらかじめその確率を予想し、対策を講じておくことにより制御可能領域が広がり、より迅速に被害を最小化することが可能となる。

最も頻繁にあるリスクはコントラクターの能力不足により業務遂行に支障が生じる事態である。そうした事態を避けるにはまずは実行可能性が高く更には最も適格な業者の選定ができるような入札を実施しなければならない。有効な入札が行われるには能力の高いコンサルタントの登用と更には PIU との緊密な連携が重要である。また、契約条項の中にも高いパフォーマンスにはボーナス、逆のケースではペナルティを課すような巧妙なインセンティブの作り込みが重要となる。

リスクの中には円安といった外部条件の変化に起因するものも含まれるが、こうしたリスクも現実的な借款枠が重要で更に外貨による返済のオプションを活用するといった方策もある。

表 8.39 リスク分析と対策

段階	リスク	可能性	影響	対策
建設	ロケーション許可、建設許可などの認可の取得の遅れ	L	M 実施スケジュールの遅れによるコストの増加	- 早期の申請準備着手 - 周到的な計画立案 - 実施機関と政府機関の緊密な連携
	土地取得の遅れ	H	M 実施スケジュールの遅れによるコストの増加	- 十分な予算の確保と短期集中型の譲渡交渉 - 集落ごとのコミットメントの確保
	不適切なコントラクターの登用	M	H - スケジュールの遅れ - コスト増加 - 仕様品質の未達	- PQ 段階での十分な資格審査 - 本入札の適切な技術評価
	工期の遅延	M	H - 建設コストの増加 - サービス開始の遅延による便益損失	- 調達スケジュールの迅速化 - 規模の経済を確保した適切な工事分割方式 - 契約へのパフォーマンス保証・ボーナス条項の追加 - 契約への罰則規定の追加
	円安による資金の減少	M	H 資金不足による実施の遅延	- 実現性のあるコスト見積もり - 実施スケジュール遅延の回避 - 国内資金準備 - 外貨返済型円借款の利用
	現地予算不足	M	H 工期の遅れ	- 借款の前提条件の確認 - ベオグラード市の財務状況の再確認
	工事中の周辺住民への負の影響	M	M 走行車両による騒音、大気汚染など	- 厳格な EMP の策定/実施

段階	リスク	可能性	影響	対策
	入札不調	M	M (原因)見積もりと実現 価格の乖離	<ul style="list-style-type: none"> - 信頼の置けるコンサルタントの選定調達 - 実効性のある入札図書の作成 - 確立技術分野工事での詳細設計方式 (FIDIC REDBOOK) によるコスト見積もりの精緻化 - 技術革新の大きい分野でのデザイン/ビルド(FIDIC YELLOWBOOK) 方式による新技術誘導によるコスト削減
	設計品質の未達	L	H - OM コストの上昇 - サービス水準の低下	<ul style="list-style-type: none"> - 試運転時の補償、追加工事義務の明確化 - 契約へのパフォーマンス保証・ボーナス・ペナルティ条項の追加 - トレーニングプログラムの強化
	コントラクターの業務未遂	M	H - 工期遅延 - 建設コスト増加	<ul style="list-style-type: none"> - 資格審査の厳密化 - パフォーマンス Bond - 契約への罰則規定の追加
操業段階	計画処理量の未達	M	M - 収入不足 - 稼働率低下による処理単価の増加	<ul style="list-style-type: none"> - 未接続区域から遮集管への計画的接続の実施 - 排水管網切り替え工事の整合性の確保・実施
	計画処理水質の未達	M	H - 処理効率低下による処理単価の増加 - 処理機能低下による排水基準違反	<ul style="list-style-type: none"> - 分流区域における雨水侵入の制御 - 工場排水等有害物質の流入監視等の規制強化
	運転保守能力の未達	L	M - 操業事故 - 不効率な運転 - OM コスト増加	<ul style="list-style-type: none"> - トレーニングプログラムの強化 - 長期的人材育成 (優秀な若いエンジニアの登用)
	汚泥埋立処分場確保の未達	M	L OM コストの増加	<ul style="list-style-type: none"> - 早期の埋立処分場の能力確保 - 代替汚泥処理法の検討/開発 - 処分場管理機関との緊密な連携
	誤接続・不法接続	L	L - 収入機会損失 - OM コストの増加	<ul style="list-style-type: none"> - 現在中断中の GIS マップの完成 - 適切な面整備計画/実施
	処理効率の未達	L	M OM コストの増大	<ul style="list-style-type: none"> - 試運転時の補償、追加工事義務の明確化 - 入札評価価格へのライフサイクルコストの反映 - 契約へのパフォーマンス保証・ボーナス・ペナルティ条項の追加
	100%料金徴収率の未達	H	M 収入不足	<ul style="list-style-type: none"> - 低所得者層の支払い可能性を担保できる料金体系の確保 - 顧客情報管理、サービス体制の強化
	適切な料金確保の未達	M	H 収入損失	<ul style="list-style-type: none"> - 料金の漸増 - 料金改定過程の透明性、住民へのアカウントビリティの確保 - 市当局及び議会との緊密な連携
注: H: 高, M: 中, L: 低				

8.10 運用効果指標

円借款プロジェクトの実施ではプロジェクトの事後評価が義務づけられている。プロジェクトの事後評価はプロジェクトの内容に即した運用効果指標に基づいて行われる。このため、プロジェクト実施期間はプロジェクト開始の前にまずはこの運用効果指標を設定し、さらにはベースラインの値を確定する必要がある。事後評価の際には同じ運用効果指標を用いて計測が行われ、比較による評価が行われることになる。通常、事後評価は運転開始後2から3年の段階で実施される。運用指標は通常プロジェクトが計画目的通りに作られたかを計測するものである。一方効果指標は、プロジェクトによる社会経済環境面での予期されていた効果の達成度を測るものである。提案する運用効果指標は次の表の通りである。

表 8.40 運用指標

運用指標	定義	計画値	注記
下水処理能力	達成した下水処理能力 / 計画処理能力	100%	
下水処理場稼働率	平均処理量 / 計画された処理能力	80%	
汚染物質除去率(BOD ₅ , COD, TSS, T-N, T-P)	排水測定値 / 流入測定値	BOD ₅ : 90% COD: 75% TSS: 90% T-N: 70% T-P: 80% (下限値)	
人口カバー率	サービス人口 / サービス人口計画値	90%	ベオグラード上下水道公社による接続数の増加が必要となる。
料金回収率		最低 90%	
下水処理料金を追加項目として設置	追加料金	12% あるいは 11RSD/ m ³	検討した中での最低ラインの追加料金

表 8.41 効果指標

効果指標	定義	ベースライン値	注記
セルビアにおける排水基準の遵守 (EU 基準に準拠)	排出制限値 (ELV) を超える最大サンプル数 25 サンプル (年間サンプル数 350 から 365) 9 サンプル (年間サンプル数 96 から 110)	最大サンプル数以下	ELV BOD ₅ <25 mg/l COD <125mg/l TSS <35 mg/l T-N <10 mg/l T-P <1.0 mg/l
大気汚染	現在および将来の排水場所における臭気	住民インタビュー調査が必要	
現在の汚水排水地点の土地利用変化	現在の排水地点周囲 500m 半径の土地利用とその変化	現在の土地利用状況の確定が必要	現在の排水地点は都市中心部の経済価値の高い地点が多い。
投資収益率	財務および経済内部収益率	FIRR: 2.3% EIRR: 9.5%	

9. クリーン開発メカニズム (CDM)

9.1 セルビア国における CDM プロジェクト実施に係る制度及び法的枠組み

セルビア国は、2008年1月17日より京都議定書の加盟国となり、議定書内での立場が非付属書I国ということから、京都議定書の3つの柔軟化メカニズムの一つである CDM が実施可能である。セルビア国における CDM 体制準備は以下の通りである。

1992年	気候変動に関する国際連合枠組み条約(UNFCCC)調印
1997年	UNFCCC 批准
2001年3月	UNFCCC 加入
2007年10月	京都議定書批准
2009年9月	クールアース・パートナー国となる

CDM プロジェクトを実施するに当たりホスト国としての必要条件の一つは、指定国家機関 (DNA) を設置することである。セルビア国の DNA が実働し始めたのは、2008年11月21日であり、政府決定 (05 no.: 02-2099/2008-1, 2008年6月5日付) に基づくものである。DNA 設立協定書は2008年7月30日付で調印され、独立機関として国家の法的枠組みへと導入された。また、DNA は多部門間にわたる機関であり、そのメンバーは関係省庁の代表者からなる参加者により構成されている。DNA に関する情報は担当省であるセルビア国エネルギー開発・環境保護省 (Ministry of Energy Development and Environmental Protection of the Republic of Serbia) のホームページ (URL)、<http://www.MERZ.gov.rs/>で参照できる。(2012年7月に組織再編が有りこの所轄省になった。)

9.2 DNA の構成

セルビア国 DNA の構成を図 9.1 に示す。

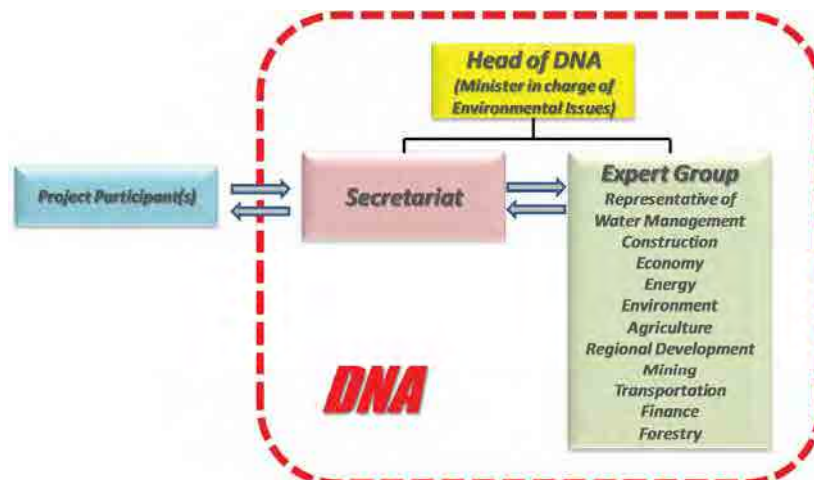


図 9.1 セルビア国 DNA の構成

なお、DNA の Secretariat は、同省国際協力・プロジェクトマネジメント局気候変動対策室 (Department for International Cooperation and Project Management, Sector of Climate Change) の代表が務める。

9.3 セルビア国登録 CDM プロジェクト

2012年9月現在、セルビア国における国連理事会登録済みのプロジェクト件数は4件であり、いずれも2011年に提出されたものである。4件のCDMプロジェクトは理事会にプロジェクトとして登録済みであるが、ガスパイプラインのプロジェクト以外 (Wind Farm Projects) はクレジット期間が2012年10月～2019年9月及び2013年1月～2019年12月とプロジェクト開始となっていない。一方、ガスパイプラインのクレジット期間は2012年1月～2022年1月と既に開始されている。

表 9.1 セルビア国の国連登録 CDM プロジェクト

Project Name	Date	Methodology	Project Participants (Serbia)	Project Participants (Annex I Party)
Wind Farm Plandiste 1	2011/08	ACM0002	Wind Park Plandiste d.o.o	Energy Changes Projektentwicklung GmbH + Ultra Asset Management GmbH (Liechtenstein)
Wind Farm Kosava I+II	2011/08	ACM0002	MK-Fintel Wind AD	Ditto
Wind Farm Cibuk 1	2011/08	ACM0002	Vetroelektrane Balkana d.o.o	Ditto
Reduction of Methane Leakages in the Gas Distribution Network Operated by the Company PE Srbijagas	2011/03	AM0023	JP Serbiagas	Natsource Europe Limited (UK)

ACM0002 “Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources” Ver.12.1.0

AM0023 “Leakage reduction from natural gas pipeline compressor or gate station” Ver.3

9.4 ベースラインの設定 (CDM プロジェクト立案)

9.4.1 プロジェクトの具体的な内容

本プロジェクト (ベオグラード市下水道整備事業) は、現在未処理でドナウ川やサヴァ川に放流されているベオグラード市内の下水を新設の Veliko Selo 下水処理場にて処理 (高度処理を含む) をし、処理水をドナウ川に放流するというプロジェクトである。

下水処理方式は、通常の高級処理にリン・窒素除去機能を有する高度処理を付加したものであり、処理概要は Pre-F/S with M/P によれば以下の通りである。

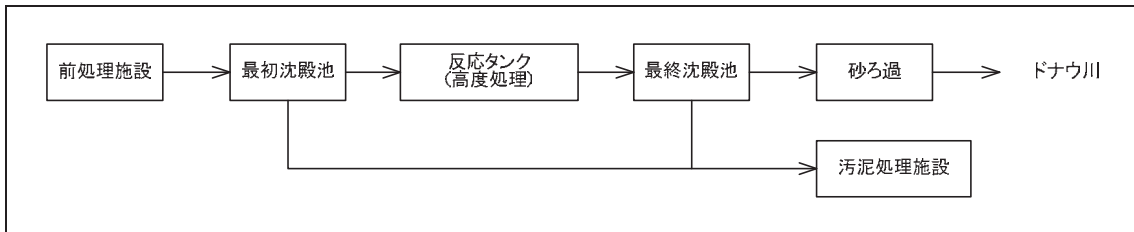


図 9.2 Pre-F/S with M/P における下水処理プロセス

一方、汚泥処理プロセスのオリジナル案では、通常、自然濃縮後、含水率 80%前後の脱水ケーキが得られる機械脱水と一般廃棄物処分場での埋立処分からなるが、これに嫌気性消化を導入して、発生するバイオガスをメタンガスの回避のためにフレア処理されることが Pre-F/S with M/P で示されている。なお、消化汚泥に関しては機械脱水後、埋立処分することは同じである。Pre-F/S with M/P における下水処理及び汚泥処理工程のフロー図を以下に示す。

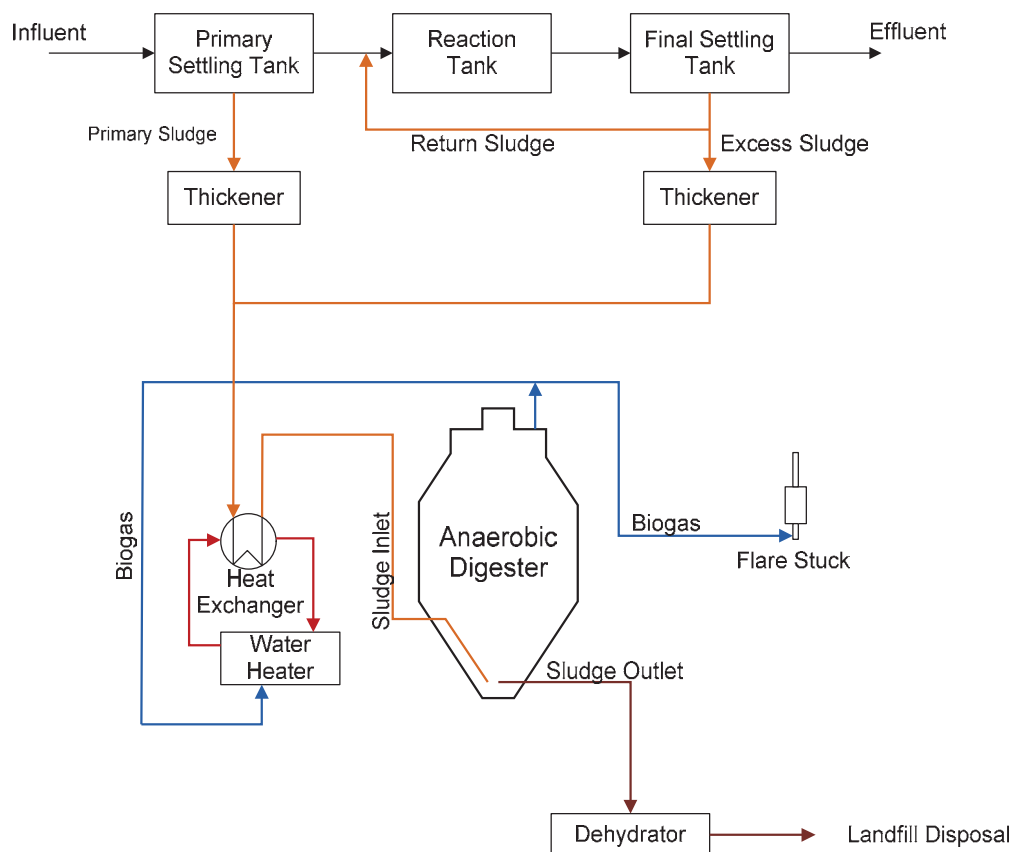


図 9.3 Pre-F/S with M/P における下水処理及び汚泥処理工程のフロー

9.4.2 ベースライン方法論の検討

(1) 既存方法論の整理

まず、既存の承認方法論から下（排）水処理及び汚泥処理（メタン回収のための嫌気性消化の導入）に係る方法論を引き出し（約 20 件）、その適用条件が本プロジェクトに沿うかどうかを検討し、適応の可否を決定した。CDM はその削減する温室効果ガス（GHG）の量により大規模 CDM と小規模 CDM に分けられるが、適応可の承認方法論をまとめると以下のようになる。

大規模承認 CDM 法（Large scale CDM approved methodologies）

- 1) AM0080 “*Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of wastewater in aerobic wastewater treatment plants*” Ver 01
好氣的排水処理施設における排水処理に伴う温室効果ガス排出の削減
- 2) ACM0014 “*Treatment of wastewater*” Ver 05.0.0
排水処理からの温室効果ガス排出量の削減
- 3) ACM0022 “*Alternative waste treatment*” Ver 01.0.0
代替的廃棄物処理

小規模承認 CDM 法（Small scale CDM approved methodologies）

- 1) AMS I-C “*Thermal energy production with or without electricity*” Ver 19
利用者のための熱エネルギー（電力の有無にかかわらず）
- 2) AMS III-H “*Methane recovery in wastewater treatment*” Ver 16
排水処理でのメタン回収
- 3) AMS III-AO “*Methane recovery through controlled anaerobic digestion*”
管理型嫌気性消化によるメタン回収

これらの承認方法論を踏まえ、本プロジェクトの CDM 事業化への可能性について検討を進める。そこで CDM で利用可能な承認方法論の中から適用できそうなものをリストアップし、適用可能性を検討した結果を以下に示す。

(A) 方法論 1

方法論番号	AM0080
方法論名称	<i>Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of wastewater in aerobic wastewater treatment plants</i> Version 01
承認時期	2009 年 2 月
プロジェクト名称 (ホスト国)	NM0250 Fés Waste Water Treatment Plant (WWTP) with sludge treatment and biogas recovery & utilization for electricity generation at Fés city, Morocco.
プロジェクト活動 の内容	プロジェクト活動は、好気性処理からなる排水処理と嫌気性消化槽及びその消化槽から発生するバイオガスの回収装置、さらにバイオガスを熱電併産するコージェネシステムの燃料として供給するシステムからなる汚泥処理を導入するものである。

	<p>(モロッコ国で) 最も一般的な排水・汚泥処理は、オープンラグーンシステムによる排水処理と乾燥と安定化を行った後処分する汚泥処理である。プロジェクト活動により、ラグーン処理からの CH_4 の排出が全面的に削減される。また、バイオガスを燃料としたコージェネの熱電併産により、熱及び電力に必要な化石燃料を代替することができ、その結果、CO_2 の排出が削減される。</p>
適用条件	<p>この方法論は、以下の条件下で適用可能である。なお、プロジェクト活動により好気性排水処理から発生した汚泥は、</p> <p>(1) ベースラインシナリオで処理されたであろう嫌気性ラグーンで発生した汚泥と同様な処理を行う。これには次の2つのオプションのうち1つが含まれる。</p> <p>(i) 汚泥は投棄されるか放置され腐敗する。(ii) 汚泥は管理された好気状態で乾燥され、メタン回収付きの埋立地で処分されるか土壌に施用される。</p> <p>(2) 新設の嫌気性消化槽で処理される。消化槽から抽出されたバイオガスはフレア処理あるいは電力や熱を産生するのに用いられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクト活動には、汚泥処理システムの転換を伴うか伴わないに係らず既存の嫌気性オープンラグーンに置換わるものであるか、新設の嫌気性オープンラグーンの代替になるものである。 排水の負荷は、既存あるいは新設の嫌気性オープンラグーンが底部嫌気性層を発現させるに十分な大きさであり、藻類による酸素発生を無視できるものであること。 既存あるいは新設の嫌気性オープンラグーンの平均的水深は少なくとも 1m であること。ベースラインシナリオで既存の嫌気性オープンラグーンの場合、ラグーンの水深は、プロジェクト活動実施以前に利用できる 1 年間の史料に基づいて検証できなければならない。新設の嫌気性オープンラグーンの場合、ラグーンの水深は、本節 Step1 で示したガイダンス”Procedure for the identification of the most plausible baseline scenario and assessment of additionality”により決定しなければならない。 嫌気性オープンラグーンの有機物質の滞留時間は、少なくとも 30 日であること。ベースラインシナリオで既存の嫌気性オープンラグーンの場合、ラグーンの有機物質の滞留時間は、プロジェクト活動実施以前に利用できる 1 年間の史料に基づいて検証できなければならない。新設の嫌気性オープンラグーンの場合、ラグーンの有機物質の滞留時間は、本節 Step1 で示したガイダンス”Procedure for the identification of the most plausible baseline scenario and assessment of additionality”により決定しなければならない。
利点	<ul style="list-style-type: none"> 既に承認されている方法論である。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> 下水汚泥案件に適用できるとは書いていない。 ベースラインシナリオは嫌気性オープンラグーンが基本となっている。

(B) 方法論 2

方法論番号	ACM0014
方法論名称	Treatment of wastewater Version 05.0.0
承認時期	2012年7月
プロジェクト名称 (ホスト国)	<p>NM0038-rev Methane Gas Capture and Electricity Production at Chisinau Wastewater Treatment Plant project, Moldova</p> <p>NM0039 Bumibiopower Methane Extraction and Power Generation Project, Malaysia</p> <p>NM0085 Vinasse Anaerobic Treatment Project, Nicaragua</p> <p>NM0041-rev2 Korat Waste to Energy Project, Thailand</p> <p>AM0013 Avoided methane emissions from organic waste-water treatment - Version04</p>

	AM0022 Avoided Wastewater and On-site Energy Use Emissions in the Industrial Sector - Version04									
プロジェクト活動の内容	プロジェクト活動は、既存のラグーンをベースにした産業有機排水処理システムへ新規の嫌気性処理施設を導入するものである。新規の嫌気性処理施設にて部分的に処理された排水は、既存のラグーンシステムへ放流される。これにより、処理システムからの CH ₄ の排出が全面的に削減される。嫌気性処理施設で回収されたバイオガスは、熱あるいは電力の産生に使用される。その結果、熱あるいは電力に必要な化石燃料を代替するか、系統から購入する電力の量を削減できる。結果、CO ₂ の排出が削減される。嫌気性処理からの余剰なバイオガスはフレアで処理される。									
適用条件	<p>本方法論は、産業排水処理からのメタン排出量の削減を目的としたプロジェクト活動に適用可能である。本方法論は、下表に示すシナリオに適用できる。</p> <p style="text-align: center;">表 本方法論に適用できるシナリオ</p> <table border="1" data-bbox="470 638 1348 1377"> <thead> <tr> <th data-bbox="470 638 598 672">シナリオ</th> <th data-bbox="598 638 909 672">ベースライン状況の解説</th> <th data-bbox="909 638 1348 672">プロジェクト活動の解説</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="470 672 598 896">1</td> <td data-bbox="598 672 909 896">排水は処理されず、嫌気的状況にあるのが明らかな開放型ラグーンに送られる。</td> <td data-bbox="909 672 1348 896">排水は新設の嫌気性消化槽で処理される。嫌気性消化槽から抽出されたバイオガスは、フレア処理され、または熱電の産生に利用される。処理後に嫌気性消化槽に残る残渣は、開放型ラグーンに送られるかあるいは明らかに好気的状況下で処理される。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 896 598 1377">2</td> <td data-bbox="598 896 909 1377">排水は排水処理施設で処理される。汚泥は最初沈殿池・最終沈殿池から発生する。その汚泥は、明らかに嫌気的状況にある汚泥ピットに送られる。</td> <td data-bbox="909 896 1348 1377">排水はベースライン状況と同一の排水処理施設で処理される。最初沈殿池・最終沈殿池から発生する汚泥は、以下の方法のいずれかあるいは両方で処理される。 (a) 汚泥は新設嫌気性消化槽で処理される。嫌気性消化槽から抽出されたバイオガスはフレア処理され、あるいは熱電産生に利用される。処理後に嫌気性消化槽に残る残渣は、開放型ラグーンに送られるか、明らかに好気的な状況の下で処理される。 (b) 汚泥は明らかに好気的な状況で処理される。</td> </tr> </tbody> </table> <p>プロジェクト参加者は、CDM-PDD において、どちらのシナリオを適用するか記述し、当該プロジェクト活動実施開始前後の状況を明確に記載する。シナリオ2の適用例を示す Appendix-I に含まれるものに類した図表を提示することが望ましい。以下の適用条件は全てのシナリオに該当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • ベースラインシナリオにおける開放型ラグーン又は汚泥ピットの平均水深が 1m 以上であること。 • ベースラインシナリオ及びプロジェクト活動において、水処理施設内の入力単位当たりの熱及び電力の必要量に大きな変化がないこと。 • 本方法論で示される必要データが満たされていること。 <p>以下の適用条件は、シナリオ1に該当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 開放型ラグーンシステムにおける有機物質の滞留時間が 30 日以上あること。 • 現地の規制によって、開放型ラグーンへの排水放出が妨げられないこと。 <p>以下の適用条件は、シナリオ2に該当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 嫌気性消化によるあらゆるメタン発生の可能性を回避するために、当該プロジェクト活動の実施中に発生する汚泥が、その土壌還元までサイト内に貯留されないこと。 	シナリオ	ベースライン状況の解説	プロジェクト活動の解説	1	排水は処理されず、嫌気的状況にあるのが明らかな開放型ラグーンに送られる。	排水は新設の嫌気性消化槽で処理される。嫌気性消化槽から抽出されたバイオガスは、フレア処理され、または熱電の産生に利用される。処理後に嫌気性消化槽に残る残渣は、開放型ラグーンに送られるかあるいは明らかに好気的状況下で処理される。	2	排水は排水処理施設で処理される。汚泥は最初沈殿池・最終沈殿池から発生する。その汚泥は、明らかに嫌気的状況にある汚泥ピットに送られる。	排水はベースライン状況と同一の排水処理施設で処理される。最初沈殿池・最終沈殿池から発生する汚泥は、以下の方法のいずれかあるいは両方で処理される。 (a) 汚泥は新設嫌気性消化槽で処理される。嫌気性消化槽から抽出されたバイオガスはフレア処理され、あるいは熱電産生に利用される。処理後に嫌気性消化槽に残る残渣は、開放型ラグーンに送られるか、明らかに好気的な状況の下で処理される。 (b) 汚泥は明らかに好気的な状況で処理される。
シナリオ	ベースライン状況の解説	プロジェクト活動の解説								
1	排水は処理されず、嫌気的状況にあるのが明らかな開放型ラグーンに送られる。	排水は新設の嫌気性消化槽で処理される。嫌気性消化槽から抽出されたバイオガスは、フレア処理され、または熱電の産生に利用される。処理後に嫌気性消化槽に残る残渣は、開放型ラグーンに送られるかあるいは明らかに好気的状況下で処理される。								
2	排水は排水処理施設で処理される。汚泥は最初沈殿池・最終沈殿池から発生する。その汚泥は、明らかに嫌気的状況にある汚泥ピットに送られる。	排水はベースライン状況と同一の排水処理施設で処理される。最初沈殿池・最終沈殿池から発生する汚泥は、以下の方法のいずれかあるいは両方で処理される。 (a) 汚泥は新設嫌気性消化槽で処理される。嫌気性消化槽から抽出されたバイオガスはフレア処理され、あるいは熱電産生に利用される。処理後に嫌気性消化槽に残る残渣は、開放型ラグーンに送られるか、明らかに好気的な状況の下で処理される。 (b) 汚泥は明らかに好気的な状況で処理される。								

利点	<ul style="list-style-type: none"> 既に承認されている方法論である。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> 下水汚泥案件に適用できるとは書いていない。 ベースラインシナリオは、排水の場合がラグーン処理で、汚泥の場合が汚泥ピット貯留となっている。 多くの面で、プロジェクト特有のパラメーターを設定するよう要求しており、中には設定が難しいものもある。 「嫌気性ラグーン内での排水の温度は、常に最低でも 15℃はあること。」とあるが、下水の場合、地域特性で 15℃をキープすることは難しい。

(C) 方法論 3

方法論番号	ACM0022										
方法論名称	Alternative waste treatment Version 01.0.0										
承認時期	2012年9月										
プロジェクト名称 (ホスト国)	NM0090 Organic waste composting at the Matuail landfill site Dhaka, Bangladesh NM0127 PT Navigat Organic Energy Indonesia Integrated Solid Waste Management project in Bali, Indonesia NM0032 Municipal solid waste treatment cum energy generation project, India NM0178 Aerobic thermal treatment of municipal solid waste (MSW) without incineration in Parobe – RS NM0174-rev MSW Incineration Project in Guanzhuang, Tianjin City AM0025 Alternative waste treatment processes AM0039 Methane emissions reduction from organic waste water and bioorganic solid waste using co-composting										
プロジェクト活動の内容	プロジェクト活動は、固形廃棄物処分場 (SWDS) における汚泥を含む有機廃棄物処分に係るメタンガスの排出を回避するものである。										
適用条件	<p>本方法論は、基本的には固形廃棄物処分場 (SWDS) で廃棄される生廃棄物 (生ゴミ) を下表に示した廃棄物処理オプションのいずれかにより (あるいは組み合わせて) 処理をするプロジェクト活動に適用する。したがって、本プロジェクト活動は、部分的埋立地ガス捕集システムを用いるか用いないかに係らず <u>SWDS</u> での有機廃棄物処分に係るメタン排出を回避するものである。また、本プロジェクト活動は次のような排出削減をも可能にするものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 生廃棄物との共コンポスト化あるいは嫌気性消化により排水を処理することで、嫌気性ラグーンあるいは汚泥ピットにおける排水の分解から発生するメタン排出を回避すること。 アップグレード・バイオガスによる天然ガス分配システムにおける天然ガスの代替 化石燃料専焼あるいはコージェネプラントによる系統電源あるいは発電における電力の代替 化石燃料燃焼のコージェネプラント、ボイラー、空気加熱器による熱産生の代替 <p style="text-align: center;">表 各廃棄物処理オプションの適用可能性条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">プロジェクト活動下における廃棄物処理オプション</th> <th style="width: 20%;">処理対象廃棄物の適用種類</th> <th style="width: 20%;">適用生産品とその用途</th> <th style="width: 15%;">適用廃棄物副産物</th> <th style="width: 30%;">処理オプションにおける特殊適用可能条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>コンポステイング・共コンポステ</td> <td>・方法論ツール”Project and leakage</td> <td>コンポスト: 如何なる適用用途にも対応</td> <td>・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台から</td> <td>方法論ツール”Project and leakage</td> </tr> </tbody> </table>	プロジェクト活動下における廃棄物処理オプション	処理対象廃棄物の適用種類	適用生産品とその用途	適用廃棄物副産物	処理オプションにおける特殊適用可能条件	コンポステイング・共コンポステ	・方法論ツール”Project and leakage	コンポスト: 如何なる適用用途にも対応	・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台から	方法論ツール”Project and leakage
プロジェクト活動下における廃棄物処理オプション	処理対象廃棄物の適用種類	適用生産品とその用途	適用廃棄物副産物	処理オプションにおける特殊適用可能条件							
コンポステイング・共コンポステ	・方法論ツール”Project and leakage	コンポスト: 如何なる適用用途にも対応	・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台から	方法論ツール”Project and leakage							

	イング	emissions from composting”の適用範囲セクションで特定された廃棄物 ・流出排水 ・病院及び産業廃棄物を除く		のプラスチック ・流出排水	emissions from composting”で特定された如何なる適用可能条件
	嫌気性消化	・排水 ・生廃棄物(生ゴミ)、病院及び産業廃棄物を除く	フレア処理されるバイオガスは熱電産生に用いられるか、天然ガス分配系統にアップグレードされ、供給される。	・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台からのプラスチック ・流出排水 ・消化槽排出物	方法論ツール”Project and leakage emissions from anaerobic digester”で特定された如何なる適用可能条件
	熱処理	生廃棄物(生ゴミ)、病院及び産業廃棄物を除く	ゴミ固形燃料/安定化バイオマス:如何なる適用用途にも対応	・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台からのプラスチック	—
	機械処理	生廃棄物(生ゴミ)、病院及び産業廃棄物を除く	ゴミ固形燃料/安定化バイオマス:如何なる適用用途にも対応	・流出排水 ・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台からのプラスチック	—
	ガス化	生廃棄物(生ゴミ)	・熱電産生に用いられる合成ガス	・ガス化副産物(不活性物質) ・流出排水 ・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台からのプラスチック	—
	焼却	生廃棄物(生ゴミ)	電力・熱	・焼却副産物(不活性物質) ・流出排水 ・ガラス、アルミ、鉄類、廃棄物選別台からのプラスチック	・焼却技術には回転炉、回転流動床、循環流動床、(炉あるいは火格子タイプがある。)
利点	<ul style="list-style-type: none"> 既に承認されている方法論である。 				
問題点	<ul style="list-style-type: none"> 下水汚泥案件に適用できるとは書いていない。文章上では排水となっている。 基本的に固形廃棄物処分場(SWDS)における有機性廃棄物からのメタン排出を回避するものである。 				

(2) 新しい方法論の提案

排水処理分野における気候変動対策の 1 施策として汚泥処理からのメタンガス排出削減を

テーマとしたプロジェクトが多く輩出されており、カバードラグーンを含め嫌気性消化法を用いたメタンガス回収プロジェクトが主流として承認されている。一方、汚泥処理の観点から嫌気性消化を採り入れる主たる目的を考察すると、①汚泥の減容化、②処分の際の汚泥の安定化、③埋立処分をした時の発生メタンガスの削減等が一般的に考えられている。特に農業国の多いヨーロッパでは、(脱水後の)下水汚泥の農地還元が主流で、そのためにも汚泥の安定化を目的とした嫌気性消化が一般的に多く採用されている。因みに、最新の公的文章(バルト海諸国連合環境委員会発行)にも、「嫌気性消化法は下水処理汚泥における主たる安定化方法であり、利点として有機物質の減容、メタンガスの生成があげられる。」^{*2}と明記されている。

今回の Pre-F/S with M/P の段階でも嫌気性消化槽の導入がオリジナルの計画にあり、上述の目的の他に、気候変動対策の面でメタンガス回避が加えられている。ただし、回収メタンガスは、(新たな投資を極力抑え、発電やボイラーによる熱産生を行わず)消化槽投入汚泥の加温及びその余剰分はフレア設備により処分することになっている。この汚泥加温及びフレア処理はカーボンニュートラルなメタンガスを燃焼させるため、排出 CO₂ はカウントされない。

これまでのバイオガス回収(エネルギー利用を含む)に関する既存承認方法論では、排水処理のベースラインが嫌気性ラグーンシステムであり、たとえ高級処理を導入した排水処理の場合でも汚泥処理が汚泥ピットあるいは放置され腐敗するものであることが条件である(AM0080、ACM0014)。また、ACM0022 に関しては、適用可能オプションに嫌気性消化が含まれるものの、対象物が排水か汚泥かを規定していない(文章上では排水)。なお、本方法論は、基本的に固形廃棄物処分場(SWDS)における有機性廃棄物からのメタン排出を回避するものである。さらに、ACM0014 の場合、プロジェクト活動オプションとして排水はベースライン状況と同一とし(高級処理)、かつ汚泥処理を嫌気性消化槽の導入と発生バイオガスの利用が含まれているが、汚泥処理のベースラインが嫌気状態の汚泥ピットとしている。以上より、今回のプロジェクトで想定しているベースライン(排水処理はベースライン・プロジェクトシナリオとも同一、汚泥処理のメタンガス回収に関しても同一)に適用できるものはないということになる。

一方、セルビア国 DNA(指定国家機関)によればセルビア国の気候変動対策の方針は以下のとおりである。

- ▶ セルビア国は他の途上国と同様に、CDM の開発は今後積極的に行う予定はなく、NAMA(国としての適切な緩和行動)の開発・実施を促進していくという方針転換をしている。
- ▶ 本案件も、恐らく CDM 化ではなく、他の気候変動対策トラックに載せて進むことになる。

² “GOOD PRACTICES IN SLUDGE MANAGEMENT”; p13, Published by and copyright 2012; Project on Urban Reduction of Eutrophication (PURE), c/o Union of the Baltic Cities Environment Commission, October 2012

- ▶ 日本の「二国間オフセット・クレジット制度」(BOCM; Bilateral Offset Credit Mechanism) も大変興味があり、制度確立を楽しみにしている。

ホスト国の承認を考慮に入れ、かつ状況を鑑みると CDM の方法論にこだわる必要はないという結果となった。現状の CDM 承認方法論は、統合・改訂を繰返してきており、過度に複雑の体をなしているため、むしろホスト国の国情に合わせた、本プロジェクト向けの新しい方法論を構築した方が得策であると結論した。

(3) 新方法論の内容

(A) 新方法論を構築する上での留意点

- ▶ 簡単に判りやすいこと
- ▶ 適用条件をホスト国に (も) 合わせたものとする
- ▶ 実測データによりプロジェクトに特有の排出係数が得られること (困難である場合デフォルト値を採用)
- ▶ 不必要な条件を設定しないこと

(B) 新方法論の概要

提案する新方法論の概要は以下の通りである。

- 1) ベースラインシナリオの設定
あり得そうなシナリオ候補を列挙し、それらの障壁分析を行う。最も障壁の少ないものの中から投資分析を行い、最も投資効果の高いものをベースラインシナリオとする。
- 2) 追加性の証明
プロジェクトシナリオの GHG 排出量がベースラインシナリオの GHG 排出量よりも少ないことを定性的に示すことにより、追加性を証明する。
- 3) ベースライン排出量の計算
ベースラインシナリオの GHG 排出量は、消化槽投入汚泥の加温に必要な熱エネルギー量と、加温燃料の排出係数との積より求められる。ただし、燃料を消化槽由来のバイオガスによればカーボンニュートラルということで、排出量は 0 となる。
- 4) プロジェクト排出量の計算
プロジェクトシナリオの GHG 排出量は、新設するコージェネ・エンジンから生産できる電力量と発熱量を嫌気性消化槽から発生するバイオガスにより得るため、排出量は 0 となる。

5) リークージ排出量の計算

ベースラインシナリオにおけるリークージ（CO₂のみを考慮）は、プロジェクトでのコージェネ発電により代替した電力を供給する系統の排出である。これは、電力量と系統の排出係数との積により計算する。なお、プロジェクト活動でのリークージはない。

6) 排出削減量の計算

排出削減量は、ベースラインシナリオの GHG 排出量とベースラインシナリオにおけるリークージの和から、プロジェクトシナリオの GHG 排出量を差し引いたものである。

(C) 新方法論の適用条件

新方法論では以下の適用条件を設定した。

【適用条件 1】

既存の下水処理場では、発生する汚泥を嫌気性消化槽で処理をしており、消化槽から発生したバイオガス（メタンガス）は、捕集され同時に、あるいは貯留後、消化槽投入汚泥の加温とその余剰分のフレア設備による燃焼処理が行われている。汚泥を消化槽に投入する前に何らかの処理をしても構わない。消化槽からの排出汚泥は脱水後、埋立処分されるか、更にコンポスト処理をして農地還元される場合もある。汚泥を直接脱水処理し、脱水ケーキをそのまま埋立処分する場合、あるいは、コンポスト処理をして農地還元する場合は、この方法論は適用できない。

【適用条件 2】

プロジェクトでは、下水処理から発生する汚泥を嫌気性消化槽で処理をし、消化槽から発生したバイオガス（メタンガス）は全量回収し、貯留後、コージェネレーション、あるいは発電機、あるいはボイラーの燃料として使用する。

【適用条件 3】

コージェネレーションあるいは発電機で得られた電力は、下水処理場及び／あるいは系統へ送電する。この結果、下水処理場では、系統から購入する電力が減り、系統の発電所で削減された排出をクレームすることができる。（クレームしない場合は、削減量をゼロとしてこの方法論を適用できる。）

【適用条件 4】

コージェネレーションあるいはボイラーで得られた排熱は、下水処理場及び／あるいはその近傍の熱需要家へ送熱する。この代替熱エネルギーの使用により、化石燃料の使用量が減り、その結果、得られる排出削減量をクレームすることができる。（クレームしない場合は、削減量をゼロとしてこの方法論を適用できる。）

【適用条件 5】

地域特性により嫌気性消化槽へ投入する汚泥は、最適な消化温度まで加温して消化槽へ供給する場合がある。ベースラインでは外部から新たに加温するための熱源が必要となり、そのための排出が生じるが、プロジェクトシナリオでは、コージェネレーションあるいはボイラーで得られた排熱を利用することができ、排熱利用する量だけの排出量を削減することができる。(クレームする。)

(4) 仮プロジェクトデザインドキュメント(PDD)における適用方法論

本プロジェクトは、その排出削減量から小規模 CDM に分類される。(年間 GHG 排出削減量が 60,000 tCO₂/年以下) ここで、CDM-PDD を作成するにあたり、方法論を以上に示した新方法論を提案し、適用するか、あるいは最も類似した承認方法論の改訂で対応するかは、今後時間をかけて検討する必要があるが、仮の PDD 作成では、類似承認方法論を適用することとする。ただし、前述した通り、国情に合わせた簡単に判りやすい、不必要な条件を設定しない方法論に改訂すべきである。なお、仮 PDD への適用承認方法論は、AMS-IC “Thermal energy production with or without electricity” Version 19 とする。

9.4.3 ベースラインシナリオの検討と追加性の検証

(1) ベースラインシナリオの特定

ここでは以下の手順によりベースラインシナリオを特定していく。まず、ホスト国セルビアで合法的であり得そうなシナリオを全て列挙する。この中にはプロジェクトシナリオも含める。以下に考えられるシナリオを列挙する。以下のシナリオのうち、次工程の障壁分析(バリア分析)をするまでもなく、ベースラインとしてあり得ないと考えられるものについては、その理由も示す。

セルビア国の事情

なお現在、セルビア国では下水(由来の)汚泥は、脱水後あるいはコンポスト後であってもバイオマスとして認めてはいない。(産業)廃棄物として、埋立処分をする以外に処分方法は無い。ただし、汚泥を嫌気性消化して発生するメタンガスは、バイオガスとして認められており、これを燃料としてコージェネ・エンジンや発電機で産生した電力は、バイオマス発電の電力として高価格での買取りが可能となっている。

上記を考慮して想定したシナリオを表 9.2 に示す。

表 9.2 ホスト国セルビアで合法的であり得そうなシナリオ

シナリオ番号	シナリオ内容	次工程の障壁分析をするまでもなく、ベースラインとしてあり得ないと考えられるものについては、その理由
シナリオ 1	現状維持。すなわち、ベオグラード市内の下水は未処理のままドナウ川やサヴァ川に放流する。	下水を未処理放流することは（国際）河川の汚濁が進むことになり、国の環境政策と相反することになるため、ベースラインとしてはあり得ない。
シナリオ 2	Pre-F/S with M/P 案。すなわち、下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後嫌気性消化処理をして、脱水後埋立処分する。消化槽から発生するバイオガスは汚泥加温に利用あるいは又はフレア設備にて処理をする。	（ベースラインとしてあり得るので、次工程で検討する必要あり）
シナリオ 3 （このプロジェクト）	コージェネ導入案。下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後嫌気性消化処理をして、脱水後埋立処分する。また、消化槽から発生するバイオガスは導入したコージェネ発電機で、熱電産生を行い、電力は系統接続、排熱は消化槽へ投入する汚泥の加温に利用する。	（ベースラインとしてあり得るので、次工程で検討する必要あり）
シナリオ 4	コンポスト化プロセス導入案。下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後脱水し、脱水ケーキをコンポスト化処理する。消化槽から発生するバイオガスは汚泥加温に利用あるいは又はフレア設備にて処理をする。	（ベースラインとしてあり得るので、次工程で検討する必要あり）
シナリオ 5	乾燥プロセス導入案（汚泥燃料化）。下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後脱水し、脱水ケーキを新たに導入する汚泥乾燥装置により乾燥処理する。消化槽から発生するバイオガスは汚泥加温に利用あるいは又はフレア設備にて処理をする。	汚泥乾燥後の燃料としての用途先がない。乾燥しても経済的なメリットがない（投資に対するリターンがない）、という理由でベースラインとしてはあり得ない。

次の列挙されたシナリオの障壁分析を行う。最も障壁の少ないものの中から、投資分析を行い。最も投資効果が高いものをベースラインシナリオとする。以下に障壁分析を行った結果を表 9.3 に示す。

表 9.3 シナリオの障壁分析

シナリオ番号	シナリオ内容	考えられる障壁
シナリオ 2	Pre-F/S with M/P 案。すなわち、下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後嫌気性消化処理をして、脱水後埋立処分する。消化槽から発生するバイオガスは汚泥加温に利用又はフレア設備にて処理をする。	技術的な障壁はない。経済的に成立するかどうか検討の必要性あり。
シナリオ 3 (このプロジェクト)	コージェネ導入案。下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後嫌気性消化処理をして、脱水後埋立処分する。また、消化槽から発生するバイオガスは導入したコージェネ発電機で、熱電産生を行い、電力は系統接続、排熱は消化槽へ投入する汚泥の加温に利用する。	技術的な障壁はない。経済的に成立するかどうか検討の必要性あり。
シナリオ 4	コンポスト化プロセス導入案。下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後脱水し、脱水ケーキをコンポスト化処理する。消化槽から発生するバイオガスはフレア設備にて処理をする。	障壁がある。セルビアでは、下排水処理由来の汚泥はバイオマスではなく、汚泥のコンポスト化は全く行われていない。理由としては、コンポスト化の技術も社会システムも存在しないから。

以下にシナリオ 2 及びシナリオ 3 の投資分析結果を表 9.4 に示す。

表 9.4 シナリオの投資分析

シナリオ番号	シナリオ内容	追加的な支出	追加的な収入	税引後 IRR (建設 2 年間、運営 15 年間で計算)
シナリオ 2	Pre-F/S with M/P 案。すなわち、下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後嫌気性消化処理をして、脱水後埋立処分する。消化槽から発生するバイオガスは汚泥加温に利用又はフレア設備にて処理をする。	初期建設費 300 百万 EUR	なし。	IRR の計算ができない。
シナリオ 3 (このプロジェクト)	コージェネ導入案。下水は高度処理を含む高級処理をし、汚泥は濃縮後嫌気性消化処理をして、脱水後埋立処分する。また、消化槽から発生するバイオガスは導入したコージェネ発電機で、熱電産生を行い、電力は系統接続、排熱は消化槽へ投入する汚泥の加温に利用する。	初期建設費 302 百万 EUR	バイオガスの有効利用による電力購入費の削減、加温用燃料購入費の削減 1.212 百万 EUR/年 (0.067 EUR/kWh)	IRR の計算ができない。

以上の検討により、ベースラインシナリオは Pre-F/S with M/P 案であることを決定した。

(2) 追加性の証明

次に追加性を証明する。プロジェクトはシナリオ 3 である。シナリオ 3 はベースラインシ

ナリオではないことが明らかになったので、既にプロジェクトは追加的であることが証明されているが、シナリオ3により、「GHGの排出量を追加的に削減できること」を証明する。数学的には、以下が明らかとなれば、追加性が証明できる。

$$\text{Baseline Emissions} + \text{Baseline Leakage} > \text{Project Emissions} + \text{Project Leakage} \quad (1)$$

ここで、

$$\text{Baseline Emissions (tCO}_2\text{/yr)} \text{ } BE_{i,y} = EG_{i,y} \times EF_{BL,i,FC} = 0 \quad (2)$$

$$\text{Baseline Leakage (tCO}_2\text{/yr)} \text{ } BL_y = P_y \times EF_{grid,y} \quad (3)$$

$$\text{Project Emissions (tCO}_2\text{/yr)} \text{ } PE_{i,y} = EG_{j,y} \times EF_{BL,i,FC} = 0 \quad (4)$$

$$\text{Project Leakage (tCO}_2\text{/yr)} \text{ } PL_y = 0 \quad (5)$$

以上より、明らかに $P_y \times EF_{grid,y} > 0$ となり、追加性が証明できることになる。ここで、

$BE_{i,y}$	=	プロジェクト活動により代替される電気、熱エネルギーのベースラインにおける y年のCO ₂ 排出量 (tCO ₂ /yr)
$EG_{i,y}$	=	汚泥の加温に用いられる温水器の燃料iの量 (mass or volume unit/yr)
$EF_{BL,i,FC}$	=	燃料iの排出係数 (tCO ₂ /mass or volume unit) バイオガス燃料のため、排出係数は0
BL_y	=	y年におけるベースラインリーケージ (tCO ₂ /yr)
P_y	=	コージェネレーションによる正味供給電力 (MWh/yr)
$EF_{grid,y}$	=	ベースラインにおけるグリッドの排出係数 (tCO ₂ /MWh)
$PE_{i,y}$	=	プロジェクトにおける排熱のエネルギー量 (mass or volume unit/yr)
$EG_{j,y}$	=	y年における排熱エネルギーjの量 (mass or volume unit/yr)
PL_y	=	y年におけるプロジェクトリーケージ (tCO ₂ /yr)

ベースラインでは汚泥の安定化を目的に嫌気性消化を行い、発生したバイオガスは消化槽投入汚泥の加温及びその余剰分のフレア処理をしている。一方、プロジェクトでは発生バイオガスをコージェネレーション設備に供給して、(バイオマス) 発電による電気エネルギーと排熱回収による熱エネルギーを得る。電気はグリッドに接続、売電を行い、排熱は消化槽に投入する汚泥の加温に利用する。これにより、コージェネ発電による一部の使用電力代替を可能とする。ゆえに、プロジェクトは追加的である。

9.4.4 リークージとプロジェクト境界の検討

プロジェクト境界は、既存の嫌気性消化施設（フレア処理設備を含む）と新設するコージェネレーションシステムを包括するものとする。表 9.5 に、プロジェクト境界内からの排出源を列挙し、各排出を計算に含めるか否かを記載する。また、プロジェクト境界を図示したものを図 9.4 に示す。

表 9.5 プロジェクト境界内からの排出量

シナリオ種別	排出源	GHG	計算に含めるか否か	計算に含めない場合の理由
ベースライン	嫌気性消化槽	CO ₂	含めない	反応槽からの CO ₂ 漏洩は無視し得るほど少ない。加えてこの CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含めない	反応槽からの CH ₄ 漏洩は無視し得るほど少ない。
	温水器 (汚泥加温用)	CO ₂	含めない	消化槽投入汚泥の温水器による加温は、消化槽から発生するバイオガスを燃料とするため、排出量は 0 である。
	フレア設備	CO ₂	含めない	この CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含めない	燃料の燃焼による CH ₄ の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視し得るほど少ない。
プロジェクト活動	嫌気性消化槽	CO ₂	含めない	反応槽からの CO ₂ 漏洩は無視し得るほど少ない。加えてこの CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含めない	反応槽からの CH ₄ 漏洩は無視し得るほど少ない。
	温水器 (汚泥加温用)	CO ₂	含めない	消化槽投入汚泥の温水器による加温は、消化槽から発生するバイオガスを燃料とするため、排出量は 0 である。
	コージェネレーションシステム	CO ₂	含めない	この CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含めない	燃料の燃焼による CH ₄ の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視し得るほど少ない。
		N ₂ O	含めない	燃料の燃焼による N ₂ O の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視し得るほど少ない。

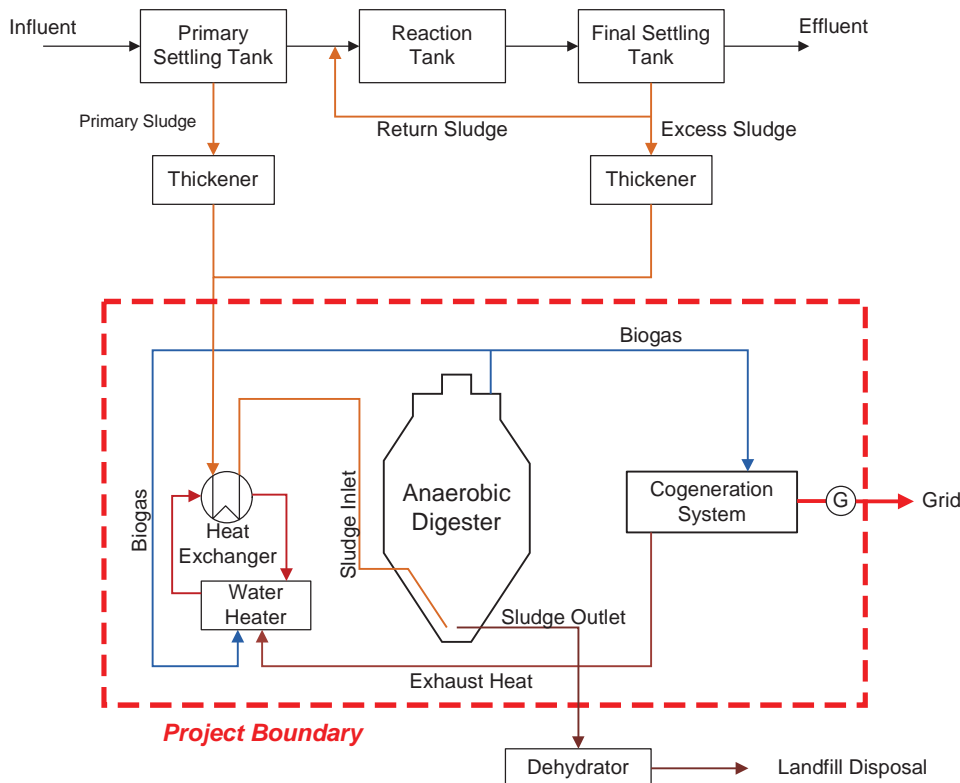


図 9.4 プロジェクト境界

表 9.6 に、プロジェクト境界外からの排出源を列挙し、各排出を計算に含めるか否かを記載する。

表 9.6 プロジェクト境界外からの排出源

シナリオ種別	排出源	GHG	計算に含めるか否か	計算に含めない場合の理由
ベースライン	系統	CO ₂	含める	最も重要な排出源である
		CH ₄	含めない	燃料の燃焼による CH ₄ の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視し得るほど少ない。
		N ₂ O	含めない	燃料の燃焼による N ₂ O の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視し得るほど少ない。
プロジェクト活動	初期建設工事	CO ₂	含めない	初期建設時には GHG 排出があるが、これはプロジェクトのリーケージであると言える。しかし、これは無視し得るほど少ない。

9.4.5 ベースライン排出量の試算

(1) ベースライン排出量

$$\text{Baseline Emissions (tCO}_2\text{/yr) } BE_{i,y} = EG_{i,y} \times EF_{BL,i,FC} = 0 \quad (2)$$

$BE_{i,y}$	=	プロジェクト活動により代替される電気、熱エネルギーのベースラインにおける y 年の CO ₂ 排出量 (tCO ₂ /yr)
$EG_{i,y}$	=	汚泥の加温に用いられる温水器の燃料 i の量 (mass or volume unit/yr)
$EF_{BL,i,FC}$	=	燃料 i の排出係数 (tCO ₂ /mass or volume unit) バイオガス燃料のため、排出係数は 0

これは嫌気性消化槽に投入する汚泥の加温に必要な温水器用の燃料をバイオガスにより賄うことを示すものである。基本的にバイオガスを利用する方法が取られるため、GHG 排出量は 0 となる。このような条件設定は、本 GHG 削減プロジェクトの簡素化にも一致するものである。

(2) ベースラインのリーケージ

ベースラインのリーケージは以下の式で計算できる。

$$\text{Baseline Leakage (tCO}_2\text{/yr) } BL_y = P_y \times EF_{grid,y} \quad (3)$$

BL_y	=	y 年におけるベースラインリーケージ (tCO ₂ /yr)
P_y	=	コージェネレーションによる正味供給電力 (MWh/yr)
$EF_{grid,y}$	=	ベースラインにおけるグリッドの排出係数 (tCO ₂ /MWh)

P_y に関して、在計画中の本事業におけるコージェネレーション発電機の容量は、

1,000 kW×4 台

計 4,000 kW (ピーク時)

通常運転時の発電容量を 4 台で 2,500 kW と想定、年間稼働時間を 8,040 時間(335 日稼働)、自己消費率を 10%とすると、

$$2,500 \text{ kW} \times 8,040 \text{ hr} \times (1-0.1) = 18,090 \text{ MWh/yr}$$

となる。また、セルビア国のグリッド排出係数 $EF_{grid,y}$ は $0.945 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$ ³であることから計算すると、ベースラインのリーケージ(電力代替)は、17,095 ton-CO₂/yr となる。

9.4.6 プロジェクト排出量の試算

(1) プロジェクト排出量

プロジェクトの排出量は以下の式で計算できる。

$$\text{Project Emissions (tCO}_2\text{/yr) } PE_{i,y} = EG_{j,y} \times EF_{BL,i,FC} = 0 \quad (4)$$

したがって、プロジェクト排出量は 0 である。

(2) プロジェクトのリーケージ

プロジェクトのリーケージは以下の式で計算できる。

$$\text{Project Leakage (tCO}_2\text{/yr) } PL_y = 0 \quad (5)$$

したがって、プロジェクトのリーケージは 0 である。

(3) 排出削減量見込み

GHG 排出削減量は、以下の式で求められる。

$$\text{排出削減量} = (\text{Baseline Emissions} + \text{Baseline Leakage}) - (\text{Project Emissions} + \text{Project Leakage})$$

故に、GHG 削減量 = 17,095 tCO₂/yr

年間削減量が 60,000 tCO₂/yr 以下となるため、本事業の CDM は小規模となる。

³ Technical Assistance of the Revision of Project Design Documents (PDDs), Calculation of the Carbon Emission Factor for the Serbian Power Grid; Rev.0 – JUNE 2011, Serbian Ministry of Environment, Mining and Spatial Planning Belgrade, Serbia

9.5 モニタリング計画

9.5.1 モニタリング方法論の検討

モニタリング方法論は、ベースライン方法論との整合性を図る観点から、新しい方法論を構築するものとする。適用条件は、ベースライン方法論と同じである。

9.5.2 モニタリング項目の検討

モニタリングする項目は、基本的にベースラインの排出量及びプロジェクトの排出量とともに 0 であるため、さらに、プロジェクトのリーケージが 0 であるため、ベースラインのリーケージのみで表 9.7 のようになる。また、図 9.5 にモニタリング計画図を示す。

表 9.7 リーケージを計算するために必要なモニタリング項目

ID	記号	データ採取方法	単位	計測、計算、試算の種別	記録頻度	モニタリングできるデータの割合	データの保管方法	備考
1	P_y コージェネレーションによる正味供給電力	電力量計	MWh	計算	1年に1回	100%	電子データとして保管する。データはクレジット期間終了後2年間保管する。	この正味供給電力量は、売電電力計の指示値から求められる。
2	$EF_{grid,y}$ ベースラインにおけるグリッドの排出係数	ベースライン方法論に基づき計算する	tCO ₂ /MWh	計算	1年に1回	100%	電子データとして保管する。データはクレジット期間終了後2年間保管する。	この項目はベースライン方法論に記載の手法を用いて決定する

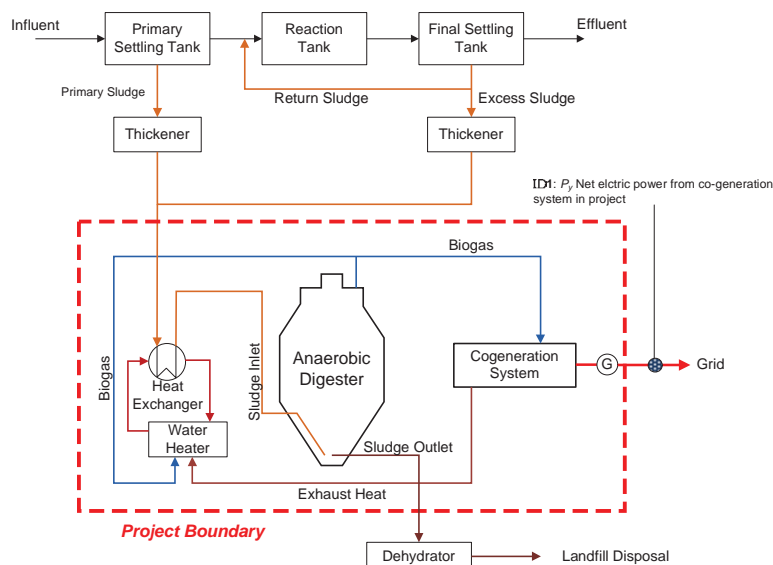


図 9.5 モニタリング計画図

9.5.3 モニタリング結果による排出削減量の計算

プロジェクト境界の外で排出される GHG は、「コージェネレーションが代替した電力を発生させている系統の排出」がある。これらは、ベースラインにおけるリーケージと位置づけられる。一方、プロジェクトにおいては、リーケージは存在しない。以上をまとめると、ベースラインのリーケージとプロジェクトのリーケージは以下の式で計算できる。

$$\text{Baseline Leakage (tCO}_2\text{/yr) BL}_y = P_y \times \text{EF}_{\text{grid},y} \quad (3)$$

$$\text{Project Leakage (tCO}_2\text{/yr) PL}_y = 0 \quad (5)$$

B_{Ly}	=	y 年におけるベースラインリーケージ (tCO ₂ /yr)
P_y	=	コージェネレーションによる正味供給電力 (MWh/yr)
$\text{EF}_{\text{grid},y}$	=	ベースラインにおけるグリッドの排出係数 (tCO ₂ /MWh)

$\text{EF}_{\text{grid},y}$ に関しては、CDM 担当省の Ministry of Energy Development and Environmental Protection 発行の "Calculation of the Carbon Emission Factor for the Serbian Power Grid" に記載している排出係数を採用し、この記載事項が更新されたら、その値を採用する。

9.5.4 モニタリングにおける品質管理／保証

モニタリングにおける品質管理／保証の考え方を表 9.8 に示す。

表 9.8 モニタリングにおける品質管理／保証

ID 番号	不確実性の程度	品質管理／保証の考え方
1	低	計器は定期的に校正する。
2	低	ベースライン方法論に基づいて計算する。

モニタリングにおける品質管理／保証の体制は以下の通りである。なお、ここで、「管理者」とは、ベオグラード市上下水道公社 Belgrade Waterworks and Sewerage (BVK) の管理部門を指す。また、「運用者」とは、BVK の管理部門からの指示により、モニタリングを行う Veliko Selo 下水処理場の運転員を指す。

- プロジェクト実施組織は、運用者と管理者で構成される。
- 管理者は、施設運用のための手順書を作成する。
- 手順書には、日々の業務内容や定期的なメンテナンス方法、各種判断基準などが記載され、適切なフォーマットにまとめられている。
- 運用者は、上記手順書通りに作業が可能なように、定期的な訓練や教育を受ける

機会を保証されている。

- 運用者は、手順書に従い、日々の業務を行い、その結果を管理者に報告する。
- 管理者は、手順書に従い、運用者の報告をチェックし、内容に問題がないか判断し、チェックの結果、問題があれば適切な時期に適切な対処を実施する。
- 管理者は、手順書に従い、運用者の報告を日々ファイルし、保存する。
- 管理者は、手順書に従い、定期的に現場を巡回し、適切な時期に現場を訪問し、運用者の業務が適切に行われているか監査する。監査の結果、問題があれば適切な時期に適切な対処を実施する。
- 事故時（予期しない GHG の放出を含む）は、管理者が原因を究明し、対策を運用者に指示し、実施する。
- 緊急時（予期しない GHG の放出を含む）は、運用者が応急措置を講じるとともに、管理者の指示に従い、対策を実施する。
- 計器類は、手順に従い、定期的に適正に校正する。校正の時期、方法はモニタリング計画書に従うものとする。

10. 環境社会配慮

環境社会配慮は「セ」国関連法制度及び環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン（2002年4月）（以下JBICガイドライン）に従い実施された。

10.1 環境関連法制度

10.1.1 環境関連法令

「セ」国には環境保護を目的とした次の4つの環境基本法令の他に、数多くの関連する法令がある。

- (1) Law on Environmental Protection (“Official Gazette of RS” No. 66/91, 83, 92, 67/93, 48/94, 53/95, 135/04)

環境保護法は、環境保護に関する基本法で他の3法をも規定している。規定項目も環境汚染防止（大気、水、土壌、騒音、振動）や廃棄物管理、放射線・化学物質管理のみならず、天然資源の持続可能な開発促進、生物多様性の維持等やオゾン層保護規定等広範囲にわたる。また、住民参加制度の採用等も明確に規定されている。リスク管理方法として総合的自主的管理を謳っており、最適利用可能な技術（BAT：Best Available Technology）を採用することで環境に対する影響を最小化しようとする考え方が明確である。環境基準や排出基準は政府が規定することも明示されているが、本法にはその規制値は明快ではなく、個々の規則による。

- (2) Law on Strategic Environmental Impact Assessment (“Official Gazette of RS” No. 135/2004)

戦略的環境影響評価法は、持続可能な開発と環境保護（天然資源、景観文化財、生物多様性等の保護を含む）を両立させるため、プロジェクトが環境に及ぼす悪影響等を事前に予測評価し、悪影響を予防抑制し、同時に他分野との整合性を保持しようとする法である。戦略的環境影響評価を実施しなければならないプロジェクトは、空間計画、都市計画又は土地利用計画と農業、林業、水産業、狩猟、エネルギー、工業、輸送、廃棄物管理、水管理、電気通信、観光、野生生物と生息環境保護の分野の計画、プログラム及びその分野別マスタープランである。戦略的環境影響評価を実際に実施し報告書を作成する者は、それぞれの戦略査定要素分析に関する資格を持つ人々で構成された専門家集団で登記簿に登録された法人又は自然人と明記されており、報告書作成責任者は適切な大学学位と特定分野における5年以上の業務経験を持つ専門家で、既に2件の環境影響評価業務に参加したものと規定されている。戦略査定手続きやその報告書の内容や評価基準も細かく規定されている。また、本法も住民参加制度の採用を明確に規定している。

(3) Law on Environmental Impact Assessment (“Official Gazette of RS” No. 135/2004)

環境影響評価法は、環境に対し重大な影響を及ぼすプロジェクトに対する環境影響評価手続きに関する規定を定めている。即ち、環境影響評価研究の内容、モニタリング方法、公衆の参加、周辺国との越境の可能性のあるプロジェクトの情報交換等について規定している。環境影響評価の実施は、天然資源保護区域及び文化財保護区域内で計画されている全てのプロジェクト、産業、鉱業、エネルギー生産、運輸、観光、農業、林業、水管理、廃棄物処理及び共用サービス分野のプロジェクトに義務づけられ、各段階（プロジェクト計画時、プロジェクト実施時、技術の変更、再建、能力拡張、操業の終了及び環境に重大な影響を与え得るプロジェクトの撤廃の際）に実施される。環境影響評価の対象には、上記の義務となる対象以外に環境保護省がその必要を認めたプロジェクトを指定できるようになっている。法令に従えば、プロジェクト開発者がその判断を環境保護省に仰ぐ形式になっており、プロジェクト開発者が環境影響評価を実施するの可否かを事前に判断することは困難な規定になっている。環境影響評価報告書の評価、承認手続きは外部の専門家を加えた技術委員会を設けて実施することになっている。また、本法でも住民や地方自治体にも意見を表明させなければならない。

(4) Law on Integrated Environmental Pollution Prevention and Control – IPPC

環境コントロール法は具体的な環境規制法であり、EC 内で IPPC と呼ばれるものである。IPPC は規制対象法人が環境に及ぼす恐れのある物質をどのように処理してどの程度のものをどのくらい環境に放出するのデータを共に審査機関に提出し、そこでの審査を受け、認可したもののだけに操業を認める方式であり、具体的な排出基準はその審査に当たって決められる性格のようである。また、認可されても期限付きであり、その期間に 2 度レビューされる。また、認可された条件は登録され、且つ情報公開される。

その他 EIA 及びその他環境に係る規制、ルールは下記のものがある。

- Regulations on permitted noise level in the environment (“Official Gazette of RS” No. 54/92)
- Decree on establishing the List of Projects for which the Environmental Impact Assessment is mandatory and the list of projects for which the Environmental Impact Assessment can be requested (“Official Gazette of RS” No. 84/05)
- Rulebook on the contents of requests for the necessity of impact assessment and on the contents of requests for specification of scope and contents of the Environmental Impact Assessment Study (“Official Gazette of RS” No. 69/05)
- Rulebook on the contents of the Environmental Impact Assessment Study (“Official Gazette of RS” No. 69/05)
- Rulebook on the procedure of public inspection, presentation and public consultation about the Environmental Impact Assessment Study (“Official Gazette of RS” No. 69/05)

- Rulebook on the work of the Technical Committee for the Environmental Impact Assessment Study (“Official Gazette of RS” No. 69/05)

10.1.2 「セ」国のEIA手続き

「セ」国のEIA手続きを図10.1に示す。

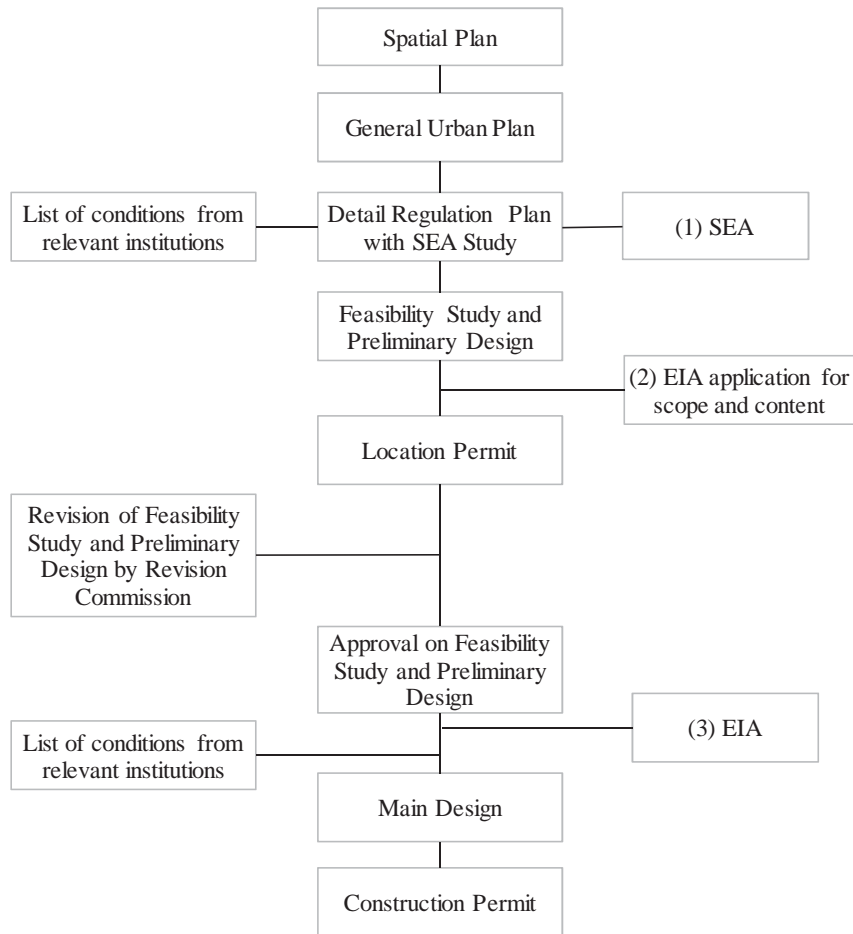


図 10.1 「セ」国 EIA フロー

(1) SEA（戦略的環境アセスメント）

SEA は Law on Planning and Construction 及び Law on Strategic Environmental Assessment に従い、マスタープランにあたる「Detail regulation plan」が作成される際に実施される。計画策定者は SEA 報告書を環境担当省（エネルギー・開発・環境保護省）に提出し認可を得る前に情報を公開し、パブリックコンサルテーションを実施することが定められている。

(2) EIA スコープと内容にかかる申請

Regulation on determination of a list of projects for which the impact assessments is obligatory (List I) and list of projects for which the impact assessment can be required (List II) (“Official Gazette of RS” No. 114/2008) により、EIA が必須であるプロジェクトと EIA が必要とされるかもしれないプロジェクトが規定されている。これによると、10 万人規模の下水処理場は List I に入り EIA が必須、下水管については 10km を超えるものについては EIA が必要となるかもしれないとされている。本プロジェクトで対象となる下水管は約 7km である。Law on EIA によると、下水処理場については環境担当省が、その他施設（ポンプ場・インターセプター）についてはベオグラード市が EIA 調査で必要とされるスコープと内容を決定することになっており、予備設計（Preliminary Design）が終わった段階で、予備設計書類とともに申請を行う。

(3) EIA（環境影響評価）

スコープと内容にかかる申請への回答に基づき、計画策定者は EIA 調査を実施する。EIA の作成は、Revision Committee による F/S 及び予備設計の認可後、詳細設計と共に行われる。

EIA 報告書は下記を含む。

- プロジェクト実施者の情報
- プロジェクト計画地の記載
- プロジェクト内容の記載
- 代替案検討の内容
- プロジェクト対象地及び周辺的环境概要
- プロジェクトによる環境へ及ぼす影響
- 事故の際の環境影響
- 影響を防止、減少、除去するための対策
- モニタリングプログラム
- ノンテクニカル要約
- 入手できなかったデータ、調査の制約等

環境担当省は EIA 報告書受領後に、EIA 報告書を一般に公開し、公開討論を開催する。EIA 報告書受領 7 日以内に公開討論に関する告知を行い、そこから 20 日以降に討論を開催する。EIA 報告書の評価は技術委員会が他の関係機関と協力して行う。その後環境担当省は EIA 報告書の認可に関する可否の決定を下す。

10.1.3 「セ」 国法制度と JBIC ガイドラインの相違及び本プロジェクトでの方針

「セ」 国環境法制度は、EU 法制度との調和をしており、JBIC ガイドラインとも大きな相違

はないが、表 10.1 のような相違があげられる。

表 10.1 「セ」国法制度と JBIC ガイドラインの相違及び本プロジェクト方針

項目	JBIC ガイドライン	「セ」国法制度	本プロジェクト方針
代替案分析	With/Without を含む代替案分析を行う。	場所、方法等の代替案が含まれているが、With/Without 分析は含まれていない。	With/Without 分析を含める。
環境・社会項目	幅広い社会・環境項目が対象である。	JBIC (JICA) ガイドラインと比較して項目は限定的。特に社会面は少ない。	JBIC (JICA) ガイドラインの項目及び「セ」国の項目を対象とする。
パブリックコンサルテーション	EIA 報告書作成段階から、影響住民・NGO を含む幅広いステークホルダーの参加を促進する。	EIA 報告書の審査段階で、環境担当省がパブリックコンサルテーションを開催する。	予備 EIA 報告書が完成した段階で、LDA がワークショップを開催し、幅広いステークホルダーの参加を促進する。

「セ」国法制度では、F/S 調査時点で EIA 報告書の作成は必要とされておらず、F/S 報告書及び予備設計の承認を得た後の D/D 段階で実施される。10.1.2 章の記載の通り、予備設計と共に環境担当省及びベオグラード市に EIA 調査で必要とされるスコープと内容についての要請を行い、その回答を基に LDA は TOR を作成し、EIA 報告書が作成される。EIA 報告書の認可は詳細設計が完成するまでに取得する。

一方、本調査では JBIC ガイドラインに従い調査する必要があるが、かつ、今回作成した報告書は調査後に LDA が EIA 調査を実施する際に活用することができることから、「セ」国及び JBIC ガイドラインの必要事項を満たした予備的 EIA 報告書を作成した。

10.2 土地収用に係る法制度

10.2.1 主要法制度

「セ」国には下記のような土地、土地収用、財産にかかる法律がある。

- Law on Expropriation (passed in 1995 and enacted on January 1, 1996, amended in March 2001, amended on March 19, 2009) –“Official Gazette of the Republic of Serbia No. 53/95, 23/2001 and 20/09)”
- Law on Fundamentals of Property relations (1980, applicable from 1st September 1980, amended 1990 and 1996) –“Official Gazette of the Socialist Federal Republic of Yugoslavia (SFRY)”, No. 6 dated February 8, 1980; No. 36 dated June 29, 1990; and –“Official Gazette of Federal Republic of Yugoslavia (FRY)”, No. 29 dated June 26, 1996.)
- Administrative Code (passed in 1996, amended June 26, 1997) –“Official Gazette of Federal Republic of Yugoslavia” No. 33/1997 and No. 31/2001 and “Official Gazette of the Republic of Serbia” No. 30/2010.

- Law on Planning and Construction (passed on May 5, 2003, enacted on May 13, 2003) – “Official Gazette of the Republic of Serbia” No. 72/09, No. 81/09 and No. 24/11
- Law of Agricultural Land (passed on July 19, 2006, enacted July 27, 2006) – “Official Gazette of the Republic of Serbia”, No. 62/06, No. 65/08 and No. 41/09

10.2.2 土地収用法 (Law on Expropriation)

「セ」国の土地収用に関するフレームワークを規定しているのが、Law on Expropriation (passed in 1995 and enacted on January 1, 1996, amended in March 2001, amended again on March 19, 2009) –“Official Gazette of the Republic of Serbia No. 53/95, 23/2001 and 20/09)”である。この法では「非自発的住民移転」という単語は使っておらず、その代わりに「収用」を使用している。この法律により、収用により影響を受ける人々の利益を守りつつ、国家・地方都市の便益になるプロジェクト実施にあたり、私的財産の収用が可能となった。本法の重要な特徴は下記の通りである。

- この法は必要な収用を容易にするために、簡単で効率のよい手続きとし、法的手続きを可能な限り減らすことを意図している。通常は 6 か月以内で全ての手続きを完了できる。
- プロジェクトにより影響を受ける土地の価値はプロジェクト実施者に代わり財務省傘下の Tax Administration が、過去の近隣での同等の価値を持つ土地取引に基づき、決定する。
- 収用開始の条件として、プロジェクト実施者は補償金相当の銀行保証を用意する必要がある。
- 土地が農業用地である場合、所有者が希望し、かつ同タイプ、同価値の土地が近隣に用意できる場合には、土地による補償を行う。
- 代替となる土地の比較はプロジェクト実施者の依頼により Tax Administration が実施する。
- 代替となる土地が用意できない場合は、Tax Administration が決定する適正価格に基づき、土地の法的所有者に補償を支払う。土地所有者が評価に同意できない場合は法的手続きを取ることができる。
- 同法では、土地に対して法的権利を有していない人々への補償に関する条項がない。

公正価格の評価では、土地の価値、建造物・設備の費用、作物、木、樹木、ブドウ園の価値、作物の育成期間、それらを再育成するための期間が考慮される。プロジェクトにより建設される建造物による土地の価値への影響については不動産の公正価格としては考慮されない。

土地収用法では、収容者に対し、土地収用の必要性の正当性、計画が土地収用なしでは実施できないとの証明を求めている。公共の利益 (Public Interest) の宣言は、「セ」国政府に

よりなされ、土地収用を可能にする最初の手続きである。プロジェクト計画が公共の利益のためであると宣言された時、収用プロポーザルが収容者により作成され、土地収用が発生する自治体に提出される。収用プロポーザルには土地の価格、建造物等の評価、土地収用の必要性の正当化、計画が都市計画に含まれていることの確認が含まれている。収用プロポーザルとともに、収容者は評価額と同額の銀行保証を準備する。評価にあたっては、土地台帳より土地の権利保有者、不動産、土地のタイプ、面積等の情報を得た上で実施される。また収用プロポーザルはその後の収用予定地の取引を制限するために、登記所等その他公の登記を担当している組織に提出される。

土地収用法では、工事開始の許可（Building Permit）が発行される前に、全ての影響を受ける人々（PAPs）に対する代替可能な土地もしくは金銭での補償がされており、収用が終了しなければならないと定めている。PAP が補償に対し合意できない場合には裁判手続きに入ることになる。

土地収用法では、収容者によるセンサス調査や社会経済調査は必要とされていない。

10.2.3 JBIC ガイドラインにおける土地収用方針

JBIC ガイドラインでは、土地収用・住民移転に対し方針を定めている。また World Bank OP 4.12 にも準拠することと定めている。JBIC ガイドラインの方針は、表 10.2 の左欄に示されている。

10.2.4 「セ」 国法制度と JBIC ガイドラインとの乖離

概して、「セ」国の土地収用に関する法制度は World Bank OP 4.12 と比較しても互換性があるといえる。表 10.2 に比較を示す。

表 10.2 「セ」国及びJBICガイドラインの乖離分析

No.	JBIC ガイドライン	「セ」国法制度	乖離	本プロジェクトにおける方針
1.	非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない	明確な記述がない。 ベオグラード市の都市計画が作成された際に処理場予定地が決められたが、非自発的住民移転や莫大な生計手段の喪失を招かない場所を選んだという経緯がある。	「セ」国では明確な記述がない。	処理場予定地は、非自発的住民移転や莫大な生計手段の喪失を招かないよう慎重に選定されており、すでに JBIC 方針は適用されている。
2.	このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、実効性ある対策が講じられなければならない	土地収用法 1、3、15、16 項で、土地、建造物、作物、樹木等失われる財産について市場価格よりも低くなつてはいけぬ価格で補償するとしている。	大きな乖離はない	住民移転はない。 失われる財産の補償に対する実効性のある対策は講じられる。
3.	移転住民には、移転前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるような補償・支援を提供する	土地収用法 15、16 項で、公正な補償について、51 項で補償には、土地が家族や個人の経済基盤になっている場合は、状況（家族サイズ、所得のある人数、雇用状況、健康状況等）を考慮しなければならないと定めている。	生活水準を改善または回復するという明確な記述はない。	本プロジェクトでは非自発的住民移転はない。収用される土地は度重なる洪水により農地利用はほとんどされておらず、土地は PAP の主な収入源とはなっておらず、生活水準の改善策は必要とされない。
4.	補償は可能な限り再取得費用に基づかなければならない	土地収用法 41 項で、施設の価値は市場価格に基づき決定することを定め、45～46、52 項でワイン園や果樹園等はこれまでの投資を考慮する、成熟した樹木の取り扱い等、詳細な評価法を定めている。	補償金額は市場価格よりも低いものであつてはならず、土地の上にあるものについては再現するための時間や投資を考慮するとしている。ほぼ再取得費用と同等と考えられる。	補償は可能な限り再取得費用に基づくこととする。
5.	補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない	土地収用法 16 項において、収用した財産を解体する前に補償を支払うとある。	相違はない	移転は発生しない。 補償は収用した財産を解体する前に提供されなければならない。
6.	大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。住民移転計画には、世界銀行のセーフガードポリシーの OP4.12 Annex A に規定さ	土地収用に関して必要とされる書類は、土地収用法 29 項で、公共の利益のための収用の決定のためのプロポーザルで、プロジェクトの情報、建設される施設のタイプ、収用される土地の情報等である。住民移転計画は作成されない。	住民移転計画の作成は必要とされておらず、「セ」国法律で求められる書類の内容は OP4.12 Annex A の内容が全て網羅されていない。	大規模非自発的住民移転は発生せず、住民移転計画は必要ではない。

No.	JBIC ガイドライン	「セ」国法制度	乖離	本プロジェクトにおける方針
	れる内容が含まれることが望ましい			
7.	住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない	Law on Planning and Construction の 41、42、43、50 項において、市の都市計画、市の一部の何らかの計画を決定する際には、PAP を含む一般市民に公開され、意見を計画に取り入れることが定められている。また公共の利益のための土地収用の決定が出される前には、PAP との公開討論が実施されており、また収用の決定が出される際にも PAP とグループ、または個別の協議が行われている。	住民移転計画の作成は必要とされておらず、協議についても規定はない。	住民移転計画は本プロジェクトには必要ではない。 「セ」国法制度と JBIC ガイドラインには大きな乖離がなく、方針・受給資格を説明した過去の公開討論で十分な情報が公開されたと言える。また予算が確保された後には詳細な協議が予定されている。
8.	協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない	General Legal Procedures の第 16 項において、セルビア語、少数民族の言語の使用や必要に応じて通訳を雇用すると規定されている。	相違はない	協議の際にはセルビア語を使用する。少数民族が含まれる場合は、少数民族の言語で実施するか、または通訳を雇用する。
9.	非自発的住民移転及び生計手段の喪失にかかる対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない	土地収用法 56 項において、土地収用の決定の際には、補償金額の相互同意のために、公聴会・公開議論が開催される。また全ての PAP はプロジェクトの計画段階に携わることができる (Law on Planning and Construction 50、52 項)	土地収用プロポーザル作成には PAP は含まれない。	非自発的住民移転及び生計手段の喪失はないため、その対策の立案は必要ない。 LARAP 実施及びモニタリングには PAP の参加を可能な限り促進する。
10.	影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない	Law on General Administrative Procedures 213～238 項で一般的な苦情処理、及び土地収用法第 20 項及び 29 項において、土地価格に不満がある場合には財務省に、さらに合意できない場合には裁判所手続きに進むことができると決められている。財務省への訴えに進む前に、第 3 者の立場として独立した評価者を PAP は雇用して、補償の再評価をすることができる。その際の費用については収用者が支払う。	「セ」国には独自の苦情処理メカニズムがある。 問題解決を図るために独立した第 3 者を介して問題解決を図っている。 大きな乖離はないと考えられる。	現行の苦情処理メカニズムが活用できる。
11.	被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査(人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む)を通じて特定・記録される。これは、	公共の利益のための土地収用決定が出される際には、収用対象となる土地が確定し、それ以降の土地の取引については禁止されている。収用プロポーザル作成にあたり、所有者及び財産の調査が実施される。	法ではベースライン調査については明記がないが、時期は違うが同様の調査は実施されている。	本プロジェクト内で LARAP 作成中に、センサス及び社会経済調査を実施された。

No.	JBIC ガイドライン	「セ」国法制度	乖離	本プロジェクトにおける方針
	補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい(WB OP 4.12 Para.6)	土地収用法 50 項で、収用プロポーザルが PAP に到達された後の投資については補償の対象ではないとしている。		
12.	補償や支援の受給権者は、土地に対する法的権利を有するもの、土地に対する法的権利を有していないが、権利を請求すれば、当該国の法制度に基づき権利が認められるもの、占有している土地の法的権利及び請求権を確認できないものとする (WB OP 4.12 Para.14)	土地収用法 15、16 項で法的権利を有する所有者について規定がある。43a 項で政府所有の土地の使用者について、53～55 項で地役権と賃貸について記述がある。また所有権を有しない人については、Law on Social Welfare and Ensuring Social Security of Citizens において、雇用や住居の支援を提供するとある。	大きな乖離はない	本プロジェクト対象地域のセンサス結果では土地の法的権利を確認できない PAP はいなかった。本プロジェクトの PAP は土地に対する法的権利を有する者、所有者死去の場合はその法的後継者、及び土地の使用者である。
13.	移転住民の生計が土地に根差している場合は、土地に基づく移転戦略を優先させる (WB OP 4.12 Para.11)	土地収用法 15 項で土地が主要な収入源である場合は、周辺の同等価値を有する土地での補償とされている。	乖離はない	本プロジェクトでは、周辺地域に代替となる土地がないこと、土地が主要な収入源ではないことから、金銭での補償となる。
14.	移行期間の支援を提供する (WB OP 4.12 Para.6)	記載がない。	記載がない	非自発的住民移転はないことから、移行期間の支援は必要とされない。
15.	移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民、少数民族については、特段の配慮を行う (WB OP 4.12 Para.8)	Law on Social Welfare and Ensuring Social Security of Citizens において、弱者は生活水準（健康、教育、雇用等）の改善支援を定めている。土地収用法 16 項では移転によるアパートの割り当ての際には場所に関して老人に配慮するように規定している。	大きな乖離はない	プロジェクトによる移転は発生しない。社会的弱者も PAP に含まれていない。
16.	200 人未満の住民移転または用地取得を伴う案件については、移転計画(要約版)を作成する (WB OP 4.12 Para.25)	「セ」国法制度では移転計画（要約版）は必要とされていない。 (No. 6 に同じ)	No.6 に同じ	本プロジェクトにおいて土地収用移転計画 (LARAP) 作成する。

10.2.5 本プロジェクトにおける土地収用方針

- (1) 「セ」国関連法制度及びJBICガイドラインに従い土地収用を実施する。両者に乖離がある場合には、両者を満たすような現実的な方法を検討する。
- (2) プロジェクトにより影響を受ける人（PAPs）は法的権利を有する土地所有者、土地所有者死去の場合は法的相続人、及び土地を使用する許可を受けている使用者である。
- (3) 永久的・一時的な土地収用に関する補償が法的権利を有する土地所有者、土地所有者死去の場合は法的相続人に支払われる。収用される土地にあると判明した資産についてはPAPに支払われる。
- (4) 全てのPAPは差別なく補償の対象とする。
- (5) 土地を部分収用する場合には、所有者が残りの土地では商業価値がなく、経済的にも大きな影響を受けるようであれば、所有者の求めに応じ、残りの土地も収用される。
- (6) 土地収用移転計画（The Land Acquisition and Resettlement Plan：LARAP）は「セ」国法制度及びJBICガイドラインに則り作成される。
- (7) 第1カットオフデイトは、公共の利益のための収用決定が出された日であり、それ以降の土地の売買は禁止される。第2カットオフデイトは、土地収用の決定が出された日であり、それにより所有者は土地が公共の利益のために収用されることと補償資格についての通達を受ける。第3のカットオフデイトは、補償がPAPに支払われ、土地の所有権がベオグラード市に移転される日である。第2及び第3のカットオフデイトは各土地所有者により異なる。
- (8) 補償の原則は、土地及びその土地にある資産の市場価格とする。補償を決めるのは(7)に記載のある第2カットオフデイトである土地収用の決定が出される日とする。

10.3 環境・社会ベースラインデータ

環境・社会ベースラインデータの主要な項目につき記述をする。詳細な環境・社会ベースラインデータはAppendix-IIにあるPreliminary EIA報告書及びLARAPに記載がある。

10.3.1 地形

地形については2.2.1にて記述している。

10.3.2 地質

地質については2.2.1にて記述している。

10.3.3 気候

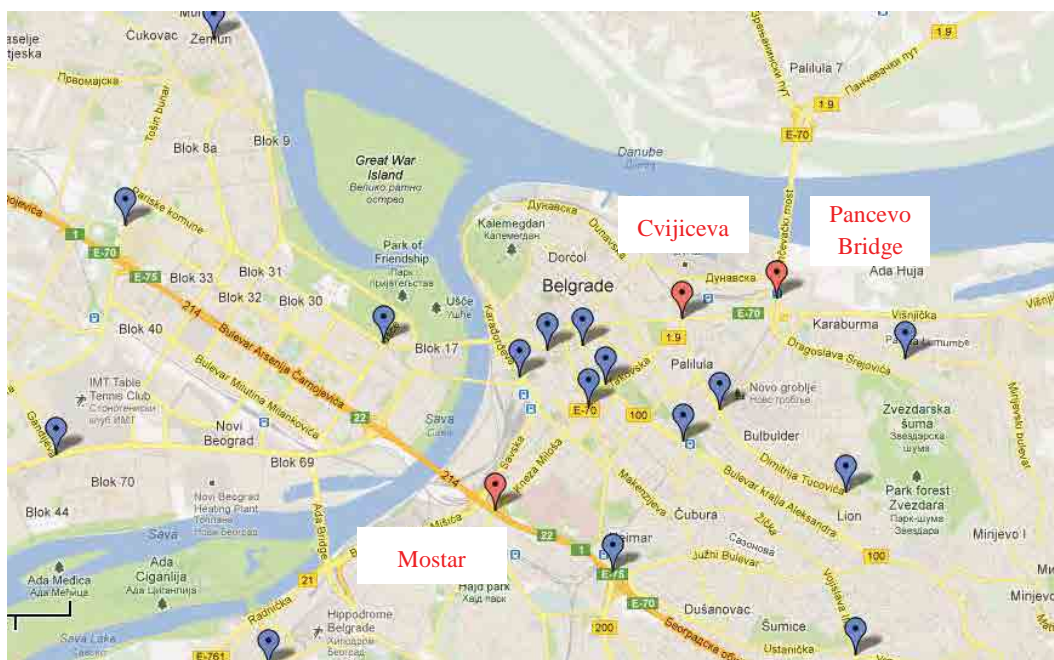
気候については2.2.1にて記述している。

10.3.4 大気環境

ベオグラードでは、Regulation on Air Monitoring Conditions and Air Quality Requirement (2010)に基づき市内16カ所において車両からの排気ガスによる大気汚染のモニタリングを実施している。加えて工場等の固定汚染源からの排出についても27カ所で監視をしている。

サンプリングは週に1度、24時間行われており、CO、NO_x、Pb、揮発性有機化合物(VOCs)、SO₂、ベンゼン、キシレン、トルエンが計測されている。計測箇所は図10.2に示す。赤くマークされた箇所はプロジェクト施設の近くに設置されている箇所である。

1. “Mostar”： Mostar ポンプ場及びインターセプター No.10 が始まる場所付近
2. “Cvijiceva”： インターセプター No.3、4 及び 10 が接続される場所付近
3. “Pancevo Bridge”： インターセプター No. 6 の近くの場所付近



ベオグラードの大気汚染モニタリングステーション。赤色はプロジェクト施設の近傍。

図 10.2 大気観測箇所

2012年の測定結果を表10.3に示す。

表 10.3 2012年観測結果

	Pollutant (LV _h =hourly limit value)											
	CO LV _h =10 mg/m ³			NO _x LV _h =150 µg/m ³			Pb LV _h =1 µg/m ³			SO ₂ LV _h =350 µg/m ³		
Location Month	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge
Jan.	6.4	3.5	3.5	96	109	116	0.4	3	1.7	68	35	30
Feb.	4.1	2.9	3.0	130	118	94	0.4	0.3	0.3	43	25	20

Location Month	Pollutant (LV _h =hourly limit value)											
	CO LV _h =10 mg/m ³			NO _x LV _h =150 µg/m ³			Pb LV _h =1 µg/m ³			SO ₂ LV _h =350 µg/m ³		
	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge	Cvijiceva	Mostar	Pancevo Bridge
Mar.	9.5	5.6	5.0	124	151	140	0.8	1.4	2	145	46	45
Apr.	8.6	6.9	4.1	260	151	154	0.5	0.3	0.3	74	49	29
May	8.2	5.1	3.9	136	190	154	0.4	0.4	0.4	54	33	28
Jun.	4.2	3.6	4.2	211	164	136	0.4	0.4	0.5	56	35	39
Jul.	10.2	5.1	6.0	168	176	170	0.6	0.5	0.5	88	33	35
Aug.	4.8	5.5	7.0	169	187	169	0.3	0.3	0.3	41	35	49
Sep.	4.1	3.1	5.0	171	157	173	0.3	0.3	0.4	60	41	79
Oct.	6.37	4.7	7.94	218	211	214	0.3	0.3	0.4	46	35	69
Nov.	4.48	3.66	4.39	188	152	161	0.3	0.3	0.3	36	29	40
Dec.	4.98	4.39	3.85	127	121	145	0.4	0.4	0.3	40	33	29

注記：太字は制限超価値。制限値は Regulation on Air Monitoring Conditions and Air Quality Requirement (2010) により規定されている。

10.3.5 環境雑音

The Belgrade Institute of Public Health がベオグラード市の騒音レベルを監視しており、ベオグラード市に報告している。観測は春と秋の年に2回、24時間実施されており、35カ所で計測されている（図 10.3 参照）。測定箇所は主な市街地及び交差点である。計測は下記法制度に従い実施されている。

- Law on Protection against Noise in the Environment (2009 & 2010);
- Regulation of Noise Indicators, Limits, Methods for Evaluating Noise Indicators, Disturbances and Harmful Effects of Noise in the Environment (2010);
- Rulebook on Noise Measuring Methods, the Content and Scope of the Noise Measurement Report (2010).

The Regulation of Noise Indicators, Limits, Methods for Evaluating Noise Indicators, Disturbances and Harmful Effects of Environmental Noise (2010)が騒音レベルを規定しており、表 10.4 に示す。

表 10.4 騒音規定

ゾーン	土地利用	騒音レベル dB (A)	
		日中	夜間 10 PM – 6 AM
1	大規模公園、歴史文化地区、リハビリテーション・病院地区、リクリエーション地区	50	40
2	学校、観光、キャンプ場地区	50	45
3	住宅専用地区	55	45
4	商業/住宅地区、遊園地	60	50
5	集合住宅をとまなう都心、商業、ビジネス地区	65	55
6	住宅のない工場、倉庫、交通ターミナル地区	境界部で隣接する地区の騒音レベルを超えないこと	

出典：Regulation of Noise Indicators, Limits, Methods for Evaluating Noise Indicators, Disturbances and Harmful Effects of Environmental Noise (2010)

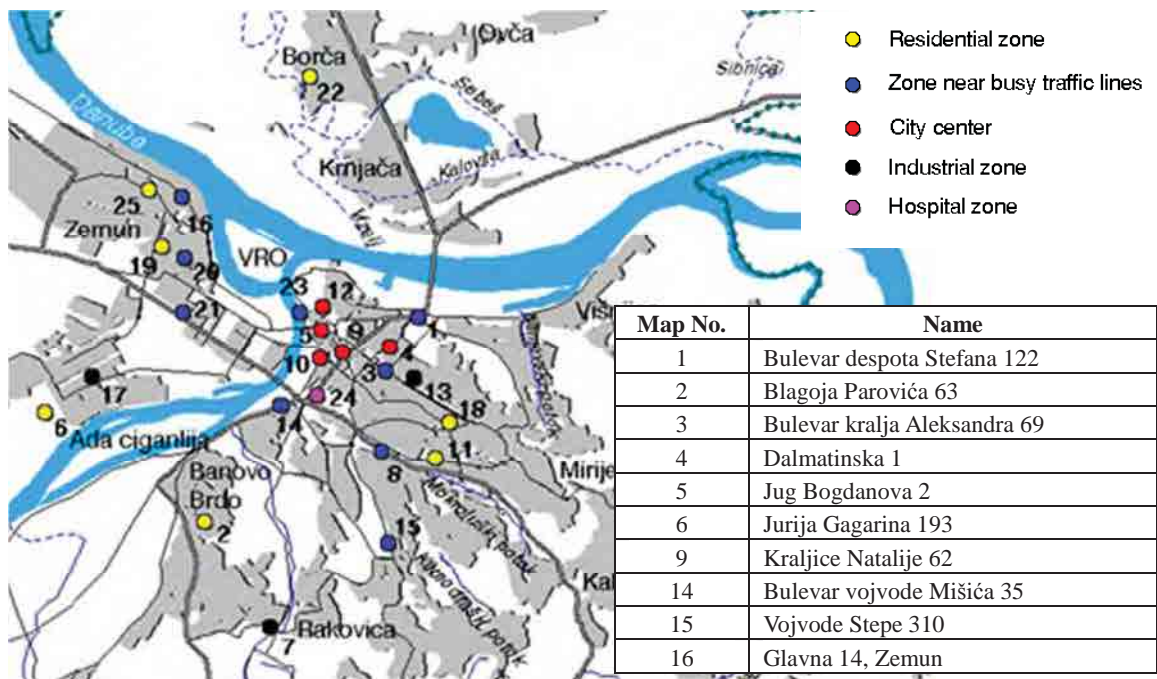


図 10.3 騒音観測地点

2010年の騒音測定結果の一例を表 10.5 に示す。

表 10.5 騒音レベル、2010年

単位：dB (A)

測定点	平均		測定点	平均	
	日中	夜間		日中	夜間
1. Bulevar despota Stefana 122	82	76	6. Jurija Gagarina 193	60	55
2. Blagoja Parovića 63	66	62	9. Kraljice Natalije 62	66	64
3. Bulevar kralja Aleksandra 69	69	66	14. Bulevar vojvode Mišića 35	75	71
4. Dalmatinska 1	65	59	15. Vojvode Stepe 310	67	65
5. Jug Bogdanova 2	72	61	16. Glavna 14, Zemun	73	68

Note: permitted level: day 65 dB (A), night 40 dB (A)

出典：Belgrade in Figures, 2012

10.3.6 河川水質

河川水質については2.2.2にて記述している。

10.3.7 人口

人口については2.2.1にて記述している。

10.3.8 土地利用

土地利用については2.3.1にて記述している。

10.3.9 文化遺産

ベオグラード市の文化遺産を図10.4に示す。

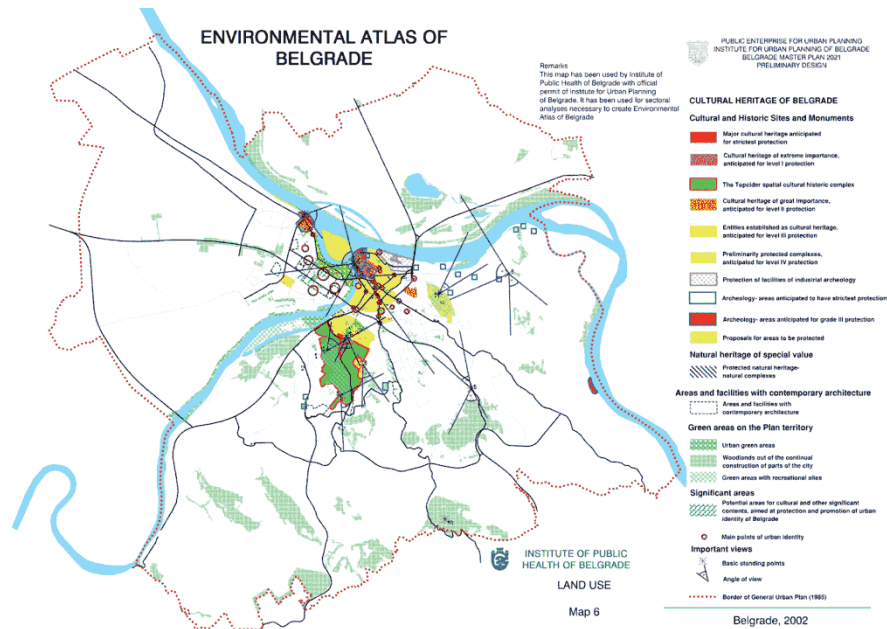


図 10.4 文化遺産位置図

インターセプター No.2が埋設される予定の Bulevar Vojvode Bojovića はカレメグダンと呼ばれるベオグラード砦の周りを走る通りである。ベオグラード砦は考古学の観点から第2種保護区と指定されている。保護区周辺で建設が予定される場合には、管理している Belgrade City Institute for the Protection of Cultural Monuments にプロジェクト概要の説明、図面をつけて、建設にかかる条件を要請する。そして建設時には与えられた情報及び条件に従い実施される。インターセプター No.2 に関しての要請は過去に出されており、それに従いルートが若干修正された。また条件としては、開削時に専門家が立ち会い、工事を監督することとなっている。

また既存のポンプがあり、新規もその隣に建設予定となっている Ušće ポンプ場は都市緑地帯の中にあり、ベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置している。このゾーン内に施設建設をする場合には、Revision Committee による F/S 調査結果の審査中に、建設に対する条件が Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management から決定される。その条件に基づき建設される必要がある。

下水処理場予定地の周辺には保護区はない。

10.4 予備的EIA調査結果

10.1.3章にあるように、「セ」国ではEIA報告書の作成は、F/S承認後のD/Dの段階となる。本調査では、「セ」国及びJBICガイドラインの必要事項を満たした予備的EIA報告書を作成するために、予備的EIA調査を実施した。「セ」国法制度では、下水処理場とポンプ場・インターセプターのEIA審査の管轄が国とベオグラード市に分かれているため、予備的EIA報告書もそれぞれに分け作成した。予備的EIA報告書はAppendix-IIにあり、ここでは主要な項目について記述する。

10.4.1 代替案分析

施設（インターセプター、ポンプ場、WWTP）の最適案選定では、評価項目の一つに環境社会配慮の観点を含め代替案分析を行った。詳細については第3章～第6章に記載されている。

10.4.2 スコーピング、評価、緩和策

スコーピング結果、評価、緩和策を表10.6に示す。

表 10.6 スコーピング、評価、緩和策

分類	No.	環境項目	スコーピング時		調査後評価		理由	緩和策	責任機関
			P/C	O	P/C	O			
社会環境	1	非自発的住民移転・土地収用	A-	D	A-	D	下水処理場のための用地収用が必要である。Ušće ポンプ場は市の所有地であり、Mostar ポンプ場は既存の改修であるため、土地収用は必要ない。 非自発的住民移転は、用地内に住居もなく、土地が主要な収入源ではないことから、発生しない見込みである。75ha の土地収用が必要であり、280 人の所有者が確認された。その内、センサス調査により 251 人が調査され、PAP は 1,250 人が確認された。	土地収用による影響軽減のため、「セ」国法制度及び JBIC ガイドラインの乖離を分析し、その結果に基づき本プロジェクトの土地収用方針を固めた。詳細は 10.5 章及び Appedix の LARAP を参照。	LDA PIU (プロジェクト実施時に設立される)
	2	雇用や生計手段等の地域経済	B+	D	B+	D	土地収用の影響を受ける 251 所有者の内、6 所有者 (2.3%) が所有する土地の 50%以上を本プロジェクトの土地収用で失う。6 人中、3 人は土地から収入を得ておらず、残り 2 人にとって土地は主要な収入源ではない。そのため、生計手段への影響は限られており、生活再建策は必要ない。 雇用の増加や資機材の購入等により建設中には正の影響が想定される。	-	-
	3	土地利用や地域資源利用	B-	D	B-	D	下水管は道路下に埋設されるため、土地利用や地域資源の利用に影響はない。下水処理場は洪水頻発地域であり農業使用されていないとはいえ、作物や果樹の喪失がありうる。	緩和策は 10.5 章及び Appedix の LARAP を参照	LDA PIU (プロジェクト実施時に設立される)
	4	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	D	D	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織への影響は想定されない。	-	-
	5	既存の社会インフラや社会サービ	B-	D	B-	D	インターセプターの一部は開削での敷設となるため、交通渋滞による社会インフラサービスへの影響が考えられる。	交通当局はプロジェクト実施者と協力し、工事の予定及び代替ルートを適切な時期に広く告知する。交通警察と	LDA 交通警察 ベオグラード

分類	No.	環境項目	スコーピング時		調査後評価		理由	緩和策	責任機関
			P/C	O	P/C	O			
		ス						協力し警告サインや代替ルートの指示を出すなどして事故防止に努める。	市道路局
	6	貧困層、少数民族・先住民族、ジェンダー、子どもの権利	C	D	D	D	少数民族・先住民族はプロジェクト地域には存在しない。 社会経済調査により 7%が自身の社会経済状況を貧しいと答えている。そのほとんどが 60 歳以上であり、収用予定の土地からは収入を得ていないことが判明した。	-	-
	7	被害と便益の偏在	D	D	D	D	下水システムの建設・運営による被害と便益の存在は想定されない。	-	-
	8	文化遺産	B-	D	B-	D	下水管の No.2 は文化遺産であるベオグラード砦を周る道路下に埋設される。Belgrade City Institute for Protection of Cultural Monuments から過去に建設条件を与えられており、それに従い建設すれば問題はない。建設条件の期限は切れたため、建設前には再度取得しなくてはならないが、建設方法・ルートに変更はないため、建設条件についても大きな変更はないと考えられる。	Belgrade City Institute for Protection of Cultural Monuments に再度建設条件を要請し、それに従い建設する。工事には専門家の立ち会いが求められる。	LDA
	9	地域内の利害対立	D	D	D	D	下水システムの建設・運営による地域内の利害対立は想定されない。	-	-
	10	水利用、水利権	C-	B+	D	B+	下水システムの建設による水利用、取水権への影響はない。下水処理場運営による河川水質の改善は下流域の水利用には正の影響がある。	-	-
	11	HIV/AIDS 等の感染症	B-	D	B-	D	建設作業員の流入による感染症の危険性がある。	感染症のリスク削減計画は Law on Occupational Health and Safety に基づき建設業者が作成する。	施工業者 LDA
	12	事故	B-	D	B-	D	建設時の事故の危険性がある。 特にインターセプター No.2、3、4 は開削による施工のため、交通阻害による事故が起こりうる。	建設期間中の事故削減計画は、Law on Occupational Safety and regulation on Occupational Safety for Construction Works に基づき建設業者が作成する。 市民への対策については「5. 既存の	施工業者 LDA 交通警察官 ベオグラード市道路局

分類	No.	環境項目	スコアリング時		調査後評価		理由	緩和策	責任機関
			P/C	O	P/C	O			
								社会インフラや社会サービス」に記載の通りである。	
自然環境	13	地形、地質	D	D	D	D	施設の規模は大きくないため、地形・地質への影響は想定されない。	-	-
	14	土壌侵食	D	D	B-	D	WWTP 予定地は洪水が起こる土地である。インターセプター No.9 建設のために一部河岸の護岸はされているが、WWTP を洪水による土壌侵食から保護するために、残りの部分の護岸が必要である。	河岸の護岸については F/S の設計に含まれている。詳細設計時に見直しを行い、建設業者は設計に従い工事を行う。	詳細設計コンサルタント LDA 施工業者
	15	地下水	C-	D	D	D	Ušće ポンプ場はベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置しており、RB-2 井戸は 500m、RB-4 井戸は 750m のところに位置している。 帯水層は 25m 以下にあり、ポンプ場は地下 10m 以内に収まることから、施設建設による地下水の流量への影響はない。水質への影響が起こりうるが、「23. 水質汚濁」で記述する。 処理場予定地では、ドナウ川水位の影響を受け地表 0.5 - 2.0m 下に地下水が見られる。ドナウ川の膨大な流量により、WWTP からの地下水への影響はほとんどない。	-	-
	16	水象	C-	C-	D	D	ドナウ川の流量は莫大であり、河川へ放流されている汚水量は水象に関し影響は及ぼさない。	-	-
	17	海岸	D	D	D	D	海岸は存在しない。		
	18	保護区	B-	D	B-	D	Ušće ポンプ場はベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置している。	Revision committee による F/S 調査結果の審査中に、建設に対する条件が Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management から決定される。その条件に基づき建設される。	LDA BVK Revision Committee Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management
	19	植物相、動物	C-	C-	D	D	プロジェクト周辺地域には保護対象の動植物は確認さ		

分類	No.	環境項目	スコーピング時		調査後評価		理由	緩和策	責任機関
			P/C	O	P/C	O			
		相、種の多様性					れない。Marine Neogene Sandbank と the Great War Island はインターセプターの近くに位置するものの、推進工法での建設のため影響は及ぼさない	-	-
	20	気象	D	D	D	D	施設規模が大きくないことから影響はない。	-	-
	21	景観	B-	C-	D	D	工事中には舗装道路の掘り起し、ゴミの散乱等により景観が悪くなることが想定される。 下水処理場により周辺の景観が壊される可能性がある。しかし影響は限定的で無視できる影響である。	処理場予定地には境界に植林をし、景観を和らげる。	施工業者
汚染対策	22	大気汚染	B-	D	B-	D	建設重機や機械の運転により、建設地周辺に粉塵が拡散する。	最優良事例の建設方法を活用することで影響を最小化できる。これは詳細設計時に決定される。 施工業者は使用する建設重機や機械を良い状況に保つ。粉塵の防止のためには建設現場に散水する、トラックでの運搬にはカバーをする等の措置を取る。	施工業者 PIU
	23	水質汚濁	B-	A+	B-	A+ B-	Ušće ポンプ場はベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置しており、RB-2 井戸は 500m、RB-4 井戸は 750m のところに位置している。 帯水層は 25m 以下にあり、ポンプ場は地下 10m 以内に収まることから、施設が適切に運転されている限り、地下水質に影響は及ぼさない。ただしポンプの故障や施設の不適切な運営による汚染源の流出により、汚染物質が井戸に到達する恐れがある。 下水処理システムの運転により河川への未処理下水の放流がなくなり、河川水質が改善される。	地下水質の監視を含む適切なモニタリング計画が、詳細設計時に作成される必要がある。監視機器は十分な数が設置されなければならない。 下水処理場で発生する処理水は「セ」国の基準を満たすものであり、放流先へ影響を及ぼすことはない。処理水の水質は毎日検査される。	詳細設計コンサルタント 施工業者 BVK
	24	土壌汚染	B-	B-	B-	B-	建設による掘削、土工、工事車両の移動等により土壌汚染が起こる可能性がある。 運転時には事故による汚水流出、車両からのオイル流出、汚泥の不適切管理による土壌汚染が考えられる。また適切に処理・処分されなかった場合は汚泥による土壌	汚水やがれき類等が他の場所に影響を与えないように、シルトフェンス（汚濁防止膜）や干し草の俵等を工事現場の境界線に設置する。これら防護柵は毎週検査が必要であり、特に何か	詳細設計コンサルタント 施工業者

分類	No.	環境項目	スコーピング時		調査後評価		理由	緩和策	責任機関
			P/C	O	P/C	O			
							汚染が考えられる。	自然の脅威があった場合には、すぐに検査・修理されなければならない。 汚泥処理施設及び貯蔵場所は土壌浸水を防ぐ構造でなければならない。 汚泥は農地利用もしくは廃棄物処分場で処理される基準を想定しているが、基準を満たさない場合は有害廃棄物用の処分場に運搬する等、処理場用地・処分場の土壌汚染を防止する。防護策は詳細設計時に考慮される。	
	25	廃棄物	B-	A-	B-	A-	建設による建設廃棄物が出る。 処理場運営により汚泥が生成される。	Waste Management Law により、Waste Management Plan 作成が義務付けられている。この計画は建設時には施工業者により、運営時には施設管理者の BVK により作成されなければならない。建設廃棄物及び汚泥はその計画に従い適切に処理されなければならない。 汚泥はある一定の基準を満たせば農地利用できるため、農地適用できる基準であった場合には農地活用を推進する。	施工業者 BVK
	26	騒音・振動	B-	B-	B-	B-	建設時に建設重機・機械による騒音・振動が想定される。 運営時には、ポンプ場のジェネレーター等の下水システムの運転により騒音・振動が想定される。	工事による一時的な騒音は、基準値以下になるよう重機・機器の適切な維持管理及び運転により制御されなければいけない。 運営時には、ポンプ場において騒音が発生するが、ポンプは建物内かつ地下に設置されているため、これにより騒音は軽減される。騒音レベルが法で定められた基準以下になるよう詳細設計時に確認する必要がある。	詳細設計コンサルタント 建設業者 LDA BVK

分類	No.	環境項目	スコーピング時		調査後評価		理由	緩和策	責任機関
			P/C	O	P/C	O			
	27	地盤沈下	C-	D	B-	D	処理場予定地は洪水が頻繁に起こる場所である。	下水処理場予定地は海拔71.5から73mである。ドナウ川の水位は1991年から2002年で25%の期間71.5mであった。そのため、建設前には地盤の強化及び高さを上げる必要がある。詳細設計にて必要な対策を考慮する。	詳細設計コンサルタント
	28	悪臭	D	B-	D	B-	下水システムにおいて、汚水流入口、沈砂池、スクリーン、砂・ゴミの取り扱い、脱水等の作業において悪臭が発生する。	悪臭が発生するであろう施設は基本的には建物内に位置しており、その中では換気が行われ、必要な箇所には脱臭装置が設置される。そのため、通常の維持管理により悪臭は軽減され、大きな影響は及ぼさない。必要機器については詳細設計時に再考される。	詳細設計コンサルタント BVK
	29	底質	D	B+	D	B+	ドナウ川・サヴァ川へ現在直接放流されている汚水が処理されることにより、底質の改善が見込まれる。	-	-
	30	地球温暖化	D	D	D	D	施設の規模は大きくなく、影響はない。	-	-

P: 計画時, C: 建設時, O: 運営時

A+/-: 重大な正負の影響が見込まれる。

B+/-: Aほどではないが正負の影響が見込まれる。

C+/-: 影響は不明である（調査の段階で更なる調査が必要）。

D: 影響は見込まれない。

10.4.3 モニタリング計画

プロジェクト施設は適切に建設され運営される限り、環境汚染等の問題を起こすことは少ない。全ての影響は、予備的 EIA 報告書にある通り、また詳細設計時に考慮される建設方法の最良実施例の適用、工事現場管理等により回避・減少することができる。

モニタリング計画を表 10.7 に示す。施設運営担当の BVK がモニタリングに必要となる費用については、維持管理費用の積算に含まれており、その他施工業者がモニタリングに必要となる費用については、詳細設計時に算出され、契約金額に含まれる。モニタリングの結果は、ベオグラード市の環境保護局に定期的に報告されなければならない。

表 10.7 モニタリング計画

環境項目	関連法制度及	項目/基準値	地点	頻度	責任機関
建設期間					
騒音	Regulation of Noise Indicators, Limits, Methods for Evaluating Noise Indicators, Disturbances and Harmful Effects of Noise in the Environment (2010)	Daytime 65 dB (A) Nighttime 55 dB (A)	建設現場付近	月に1度	施工業者
振動	DIN 4150-3: Effects of vibration on structures (there is no regulation in Serbia)	10-50 Hz: 20-40 mm/s	シールド工法建設現場で土被りの浅い場所でかつ振動の影響を受けやすい建物の付近	毎日	施工業者
サヴァ川水質	Regulation on the Limit Values of Pollutants in Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012)	pH (6.5-8.5), SS (25 mg/l), DO (7 mg O ₂ /l), BOD5 (4-5 mg O ₂ /l), COD (15 mg O ₂ /l), TOC (5-6 mg/l), 窒素 (2 mg N/l)、アンモニウムイオン (0.1-0.4 mg N/l)他	Ušće ポンプ場の上流及び下流	Ušće ポンプ場及び Intereceptor No.1 建設中、事故による汚染が起こった際	施工業者
ドナウ川水質	Regulation on the Limit Values of Pollutants in Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012)	pH (6.5-8.5), SS (25 mg/l), DO (7 mg O ₂ /l), BOD5 (4-5 mg O ₂ /l), COD (15 mg O ₂ /l), TOC (5-6 mg/l), 窒素 (2 mg N/l)、アンモニウムイオン (0.1-0.4 mg N/l)他	Dunavac 建設現場下流	週ごと	施工業者
地下水質	Regulation on the Limit Values of Pollutants in Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012) Regulation on Drinking Water Quality (98 & 99)	pH, SS, DO, BOD5, COD, TOC, 温度、濁度、窒素、アンモニウムイオン他	Ušće ポンプ場から井戸 RB-2 と RB-4 のエリア 建設現場	月2回	施工業者
文化遺産	As set in the Decision on Technical Protection Measures for the Belgrade Fortress (to be obtained during Project Preliminary Design)	-	インターセプター No. 2 のルート	Decision に決められた通り	施工業者
運営時					
地下水質	Regulation on the Limit Values of Pollutants in	pH, SS, DO, BOD5, COD,	Ušće ポンプ場から井	月1回、少なく	BVK

環境項目	関連法制度及	項目/基準値	地点	頻度	責任機関
	Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012) Regulation on Drinking Water Quality (98 & 99)	TOC, 温度、濁度、窒素、アンモニウムイオン他	戸 RB-2 と RB-4 のエリア	とも 2 年間	
ドナウ川水質	Regulation on the Limit Values of Pollutants in Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012)	pH (6.5-8.5), SS (25 mg/l), DO (7 mg O ₂ /l), BOD ₅ (4-5 mg O ₂ /l), COD (15 mg O ₂ /l), TOC (5-6 mg/l), 窒素 (2 mg N/l)、アンモニウムイオン (0.1-0.4 mg N/l)他	処理場下流	月に 1 度	BVK
騒音・振動	Regulation of Noise Indicators, Limits, Methods for Evaluating Noise Indicators, Disturbances and Harmful Effects of Noise in the Environment (2010) DIN 4150-3: Effects of vibration on structures (there is no regulation in Serbia)	Daytime 65 dB (A) Nighttime 55 dB (A) 10-50 Hz: 20-40 mm/s	処理場 Ušće、Mostar ポンプ場	月に 1 度	BVK
WWTP 処理工程監視パラメーター	Operation monitoring procedures	-	汚水処理及び汚泥処理プロセス	詳細設計に記載される通り	BVK
汚水流量・水質	Regulation on the Limit Values of Pollutants in Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012)	BOD (25 mg/l), COD (125 mg/l), TSS (35 mg/l), T-P (1 mg/l), T-N (10 mg/l)	処理場への流入水・処理場からの流出水	毎日	BVK
汚泥	Regulation on the Limit Values of Pollutants in Surface Waters and Groundwater and Sediments and the Deadlines for Compliance with the Limit Values (2012)	Pb (0.1 mg/l)、Cd (10-100 mg/l)、Ni (1-2.5 mg/l)、Hg (0.1-5 mg/l)、Cu (1 mg/l)、Zn (0.08-10 mg/l)他	下水処理場	月に 1 度	BVK

10.4.4 ステークホルダー協議

環境社会配慮においては情報公開と透明性の確保、ステークホルダーの積極的な参加を促し、意見を反映することが重要である。そのため下記の通りステークホルダー協議を開催した。

(1) 第1回ステークホルダー協議

第1回ステークホルダー協議は2012年10月4日にワークショップ開催時に併せて開催され、32人が参加した。参加者は以下の通りであり、住民代表として、大学、民間会社等の有識者が参加した。

- 関連省庁 -2
- ベオグラード市 -4
- LDA-5
- BVK-8
- その他(大学、水道会社)-2
- JICA、JICA 調査団 -11

ワークショップでは、それまでの調査結果、プロジェクト概要、代替案分析の結果、今後に行われる環境社会配慮を含むフィージビリティ調査の内容について説明が行われた。

(2) 第2回ステークホルダー協議

第2回ステークホルダー協議は2013年3月7日のワークショップにて開催した。F/S結果である施設計画、予備的EIA調査の結果、及び土地収用にかかる方針が説明された。約50名が参加した。住民代表として、大学、自然保護機関等の有識者が参加した。

- 関連省庁 -2
- ベオグラード市 -7
- LDA-5
- BVK-12
- 有識者(大学、自然保護機関)-10
- JICA、JICA 調査団 -10

参加者より全ての観点からの調査を実施したことに対する賞賛があり、将来のプロジェクトも同様のアプローチを取るべきであるとのコメントがあった。また、LDAが本プロジェクトを早期に実施するよう要望があった。

10.4.5 環境チェックリスト

表10.8に作成した環境チェックリストを示す。

表 10.8 チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1)EIAおよび環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) - (c) - (d) -	(a) 「セ」国法制度ではEIA報告書はF/S段階で必要とされていない。F/S終了後に予備設計と共に、スコープの決定を求めるリクエストを、WWTPについてはMinistry of Energy, Development and Environmental Protectionに、ポンプ場・インターセプターについてはベオグラード市に提出する。EIAはF/Sと予備設計がRevision Committeeにより承認された後、詳細設計時に実施される。本調査ではPreliminary EIA (PEIA) 報告書を作成、大きな変更と時間がたち過ぎなければEIA報告書のベースとして活用できる。EIA報告書の認可は詳細設計が完了するまでに取得する。
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) -	(a) プロジェクト、代替案、影響及び軽減策は2013年3月第1週に開催予定のワークショップで公開される。 (b) ワークショップ後、必要に応じて参加者からのコメントをプロジェクト内容に反映させる。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) Y	(a) 代替案分析は、インターセプターNo.1 (1条か2条か、ケーシングか回廊方式か)、汚水処理プロセス、ろ過方式、散気装置、汚泥処理方式について環境社会配慮面 (事故があった際の環境へのリスク、発生汚泥量、エネルギー消費、温室効果ガス発生量等) からも分析され、最適案は技術・維持管理・初期投資・維持管理費等を含め、総合的に判断された。
2 汚染 対策	(1)水質	(a) 下水処理後の放流水中のSS、BOD、COD、pH等の項目は当該国の排出基準等と整合するか。 (b) 未処理水に重金属が含まれているか。	(a) Y (b) N	(a) 放流水の水質はLaw on Water及び Regulation on Emission Limit Values of Pollutants in water and deadlines to reach the ELVに従う。 (b) 汚水処理プロセスは放流水基準を満たす技術を採用し、基準に適合する。またモニタリング計画にて毎日の処理水の検査をすることとしている。
	(2)廃棄物	(a) 施設稼働に伴って発生する汚泥等の廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) Y	(a) Law on Wasteに基づき、Waste Management Planが汚染者により作成される。廃棄物の処理はそのWaste Management Planに従い適切に処理される。また汚泥は法で決められた基準値を満たせば農業用に利用するため、利用を促進する。
	(3)土壌汚染	(a) 汚泥等に重金属の含有が疑われる場合、これらの廃棄物からの浸出水の漏出等により土壌、地下水を汚染しない対策がなされるか。	(a) -	(a) 汚水には重金属が含まれないことから、対策は必要ない。よって汚泥にも重金属は含まれない。しかし万が一を考慮し、汚泥貯蔵施設に浸水を防ぐ構造とし、詳細については詳細設計時に検討される。
	(4)騒音・振動	(a) 汚泥処理施設、ポンプ施設等からの騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 騒音レベルはRegulation of Noise Indicator, Limits, Methods for Evaluating Noise Indicators, Disturbances and Harmful Effects of Environmental Noise (2010) で定められており、騒音はその基準を満たすものとする。基準値を守るため、機器や車両の適切な維持管理、アイドリングオフ、マフラー装着により対策を取る。 施設のうち、騒音・振動を多く発生する機械設備等については、機器選定において低い騒音・振動を発生するものを選定、また音響を抑える裏打ちをした建物内に設置する措置を取る。 振動についての「セ」国の規定はないが、国際基準の「DIN 4150-3: Effects of vibration on structures」を使用し、この基準以下にするため、上述の対策を取る。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
2 汚染 対策	(5) 悪臭	(a) 汚泥処理施設等からの悪臭の防止対策は取られるか。	(a) Y	(a) 汚水・汚泥処理設備は建物内に設置されており、散気・排気機能を設置する。また処理場設備が適切に稼働している限り、散気・排気装置で対応できないほどの悪臭は発生しないため、まずは維持管理を徹底することが重要である。
3 自然 環境	(1) 保護区	(a) サイト及び処理水放流先は当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) Y	(a) Usceポンプ場はベオグラード市の水道水源の保護ゾーン内に位置している。帯水層は25m以下にあり、ポンプ場は地下10m以内に収まることから、施設による直接的な地下水への影響はない。しかし施設が適切に維持されない場合は汚染の危険性がある。保護ゾーン内への建設については、建設条件が Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management から与えられるため、それに基づき建設される必要がある。
	(2) 生態系	(a) サイト及び処理水放流先は原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトが、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a) N (b) N (c) - (d) N	(a) (b) (c) (d)
4 社会 環境	(1) 住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等々の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a) N (b) Y (c) Y (d) Y (e) Y (f) - (g) - (h) Y (i) Y (j) Y	(a) WWTP 予定地内に住居はなく、土地も主要な収入源とはなっていないため、非自発的住民移転は発生しない。 (b) LDAが通常2段階での住民協議を行っており、第1段階（公共の利益のための収用決定）の住民協議は実施済みである。第2段階の住民協議は補償予算の措置が取れ次第、順次実施していく。 (c) 本調査内で、LARAP（土地収用移転計画）を作成し、再取得価格での補償方針となっている。社会経済調査の結果、生計回復策は必要ない。 (d) Law on Expropriation でそう定めている。 (e) LARAP 内で策定されている。 (f) 社会経済調査の結果、社会的弱者はプロジェクトによる影響を受ける人々の中にはいない。 (g) 住民移転はない。補償については、建設前に補償額についての合意、所有権の移転が行われる。 (h) LARAPにて、土地収用のための実施体制及び費用について記載している。収用予算については一括でアレンジはできないが、予算がついた範囲で順々に収用手続きを取る。 (i) PIU (Project Implementation Unit) と施工管理コンサルタントによる内部モニタリング計画を策定している。 (j) Law on Expropriationにてメカニズムが確立されており、第3者を含めた苦情処理の仕組みが構築されている。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
4 社 会 環 境	(2)生活・生計	(a) プロジェクトの実施により周辺の土地利用・水域利用が変化して住民の生活に悪影響を及ぼすか。 (b) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要場合は影響を緩和する配慮が行われるか。	(a) N (b) N	(a) WWTP予定地は頻繁に洪水の影響を受ける土地であり、農業用地としての活用は低い。 (b) 土地は主要な収入源でないことから、影響は予想されない。
	(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a)	(a) 下水管のNo. 2は文化遺産であるベオグラード砦を囲む道路下に埋設される。Belgrade City Institute for Protection of Cultural Monumentsgaが出す建設条件に従い建設する。
	(4)景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。	(a) N	
	(5)少数民族、先住民族	(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a) - (b) -	(a) 少数民族・先住民族はプロジェクト対象地域に存在しない。 (b) 少数民族・先住民族はプロジェクト対象地域に存在しない。
	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) Law on Occupational Safety and Regulation on Occupational Safety for Construction Worksに従い労働環境が遵守される。 (b) 建設期間中の事故削減計画は、Law on Occupational Safety and regulation on Occupational Safety for Construction Worksに基づき詳細設計時に策定され、建設時に施工業者によって確認・修正される。 (c) 詳細な安全計画については詳細設計時に策定され、建設時に施工業者によって確認・修正される。 (d) 詳細な措置については詳細設計時に策定され、建設時に施工業者によって確認・修正される。
5 そ の 他	(1)工事の影響	(a) 工事での汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (d) 工事による道路渋滞は発生するか、また影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) 騒音・振動を基準値以下にするため、建設機器や車両の適切な管理、アイドリングオフ、マフラー装着等の措置を取る。また機械設備には低騒音・振動の機器を取り入れ、音響的な措置をした建物内に設置する等の対策を取る。廃棄物はLaw on Wasteに従い作成されるWaste Management Planに従い適切に処理される。 (b) Usceポンプ場は水源として保護されているゾーンに建設される。建設にあたっては、Ministry of Agriculture, Forestry and Water Managementから条件が出されるので、それに従い建設・運営する。 (c) 土地収用による影響があるが、LARAPで策定された補償方針、受給資格に従って土地収用を実施する。 (d) インターセプターの開削工法による建設で交通への影響が予想される。交通当局と協力して、事前の予告、迂回ルートの提示等の緩和策を講じる。
	(2)モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) Y (b) - (c) Y (d) Y	(a) (c) (d) 騒音・振動、水質（河川・地下水）、汚水・処理水質等のモニタリングを計画し、責任機関も定めている。EIA報告書作成時にさらに詳細に確認、必要に応じて修正される。 (b) 組織体制及び現時点で判明している予算（汚水・処理水質のモニタリング等）については計上されている。詳細な検討はEIA報告書作成時に行われる。
6 留 意 点	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) -	(a) 影響は予測されない。

注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。
当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外（日本における経験も含めて）の適切な基準との比較により検討を行う。
注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。

10.4.6 環境モニタリングフォーム

作成したモニタリングフォームを以下に示す。

MONITORING FORM

-If environmental reviews indicate the need of monitoring by JICA, JICA undertakes monitoring for necessary items that are decided by environmental reviews. JICA undertakes monitoring based on regular reports including measured data submitted by the project proponent. When necessary, the project proponent should refer to the following monitoring form for submitting reports.

-When monitoring plans including monitoring items, frequencies and methods are decided, project phase or project life cycle (such as construction phase and operation phase) should be considered.

< Construction Phase >

1. Responses/Actions to Comments and Guidance from Government Authorities and the Public

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period
Number and contents of formal comments made by the public	
Number and contents of responses from City agencies	

2. Pollution

- Water Quality of Danube River

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
pH						
SS						
BOD/COD						
DO						
Total Nitrogen						
Total Phosphorus						
MPN of Coliform						
Ammonium ion						

- Water Quality of Sava River

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
pH						
SS						
BOD/COD						
DO						
Total Nitrogen						
Total Phosphorus						
MPN of Coliform						
Ammonium ion						

- Water Quality of Groundwater

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
pH						
SS						
BOD/COD						
DO						
Total Nitrogen						
Total Phosphorus						
MPN of Coliform						
Ammonium ion						
Turbidity						

- Noise / Vibration

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
Noise level at WWTP						
Noise level at Interceptor No.						
Vibration level at WWTP						
Vibration level at Interceptor No.						

3. Natural Environment**- Ecosystem**

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures to be taken
Protected area (protection zone of the Belgrade wellhead)	Details of the groundwater quality results	

4. Social Environment**- Cultural Heritage**

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures to be taken
Belgrade Fortress	Findings during open-cut	

- LARAP

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures to be taken
LARAP Implementation schedule		
Received grievance contents		

< Operation Phase >**1. Responses/Actions to Comments and Guidance from Government Authorities and the Public**

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period
Number and contents of formal comments made by the public	
Number and contents of responses from City agencies	

2. Pollution**- Water Quality of Danube River**

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
pH						
SS						
BOD/COD						
DO						
Total N						
Total P						
MPN of Coliform						
Ammonium ion						

- Water Quality of Sava River

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
pH						
SS						
BOD/COD						
DO						
Total N						
Total P						
MPN of Coliform						
Ammonium ion						

- Water Quality of Groundwater

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
pH						
SS						
BOD/COD						
DO						
Total N						
Total P						
MPN of Coliform						
Ammonium ion						
Turbidity						

- Water Quality of Influent

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
BOD						
COD						
TSS						
Total N						
Total P						

- Water Quality of Effluent

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
BOD						
COD						
TSS						
Total N						
Total P						

- Noise / Vibration

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
Noise level at WWTP						
Noise level Usce PS						
Noise level Mostar PS						
Vibration level at WWTP						

Vibration level Usce PS						
Vibration level Mostar PS						

- Sludge for agriculture use

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max.)	Country's Standards	Referred International Standards	Remarks (Measurement Point, Frequency, Method, etc.)
Pb						
Cd						
Cr						
Ni						
Hg						
Cu						
Zn						
As						
Adsorbing organic halogens						
PCB						
PCCD/F						
Salmonella						
Enterovirus						

10.5 LARAP 調査

本プロジェクトにより 114ha の処理場予定地の収用が必要となる。その他施設（ポンプ場、インターセプター）については新規の土地収用は必要ではない。公共の利益のために土地を収用するという決定が 2010 年政府によりなされており、LDA はそれ以降収用を進めてきている。必要用地の内、約 39ha の収用が完了している。

今後約 75ha という広大な土地が必要であり影響が大きいため、影響の回避・最小化・緩和のために LARAP（土地収用移転計画）を作成した。

「セ」国の土地収用にかかる法制度と JBIC ガイドラインとの乖離、補償方針については、10.1.2 章にある。詳細な Appendix-II の LARAP にあるが、ここでは結果について記載する。

10.5.1 土地収用予定地

処理場予定地はドナウ川の支流沿いに位置しており、洪水の影響を頻繁に受けてきた場所である。2006 年には予定地全てが洪水により水没し、農業用地ではあるものの、洪水以降

はほとんど使用されていない。2006年に公共の利益のための土地収用の要請が出されて以降、補償目的のために耕作や果樹栽培が始められたとのことである。なお、収用予定地内に家屋はなく、住民移転は発生しない。

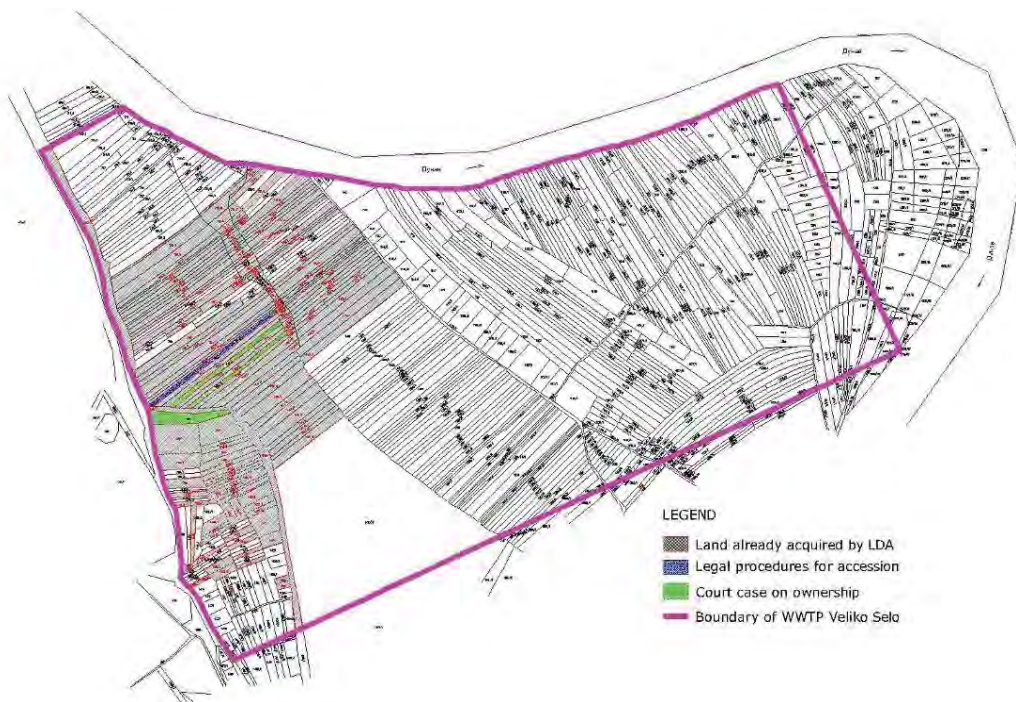


図 10.5 処理場予定地土地台帳用地図

10.5.2 LDAによる過去の土地収用

LDAは処理場予定地を公共の利益のために収用する宣言を Ministry of Finance に要請し、その決定が2010年に出された。それ以降、ベオグラード市より収用予算を要請・配分されると収用手続きを進めてきた。処理場予定地には741筆あり、その内137筆の収用が完了し、30筆が補償の交渉が終わり支払いを残すのみという状況である。

計167筆の土地収用過程において、住民移転は発生せず、土地がPAPの主要な収入源ではないことから、生計回復プログラムも行われていない。

土地収用を担当しているLDAのDepartment for Legal and Property Affairsからの聞き取りでは、過去の収用においてPAPからの苦情はなかったとのことである。補償額の交渉において、PAPにより土地の価格を上げてほしいというような要望はあったものの、公式に苦情としてあげられたことはなく、説明及び交渉を経て、補償額に合意しているとのことである。最近のことであるが、現在までに1件のみ訴訟に至ったケースがある。訴訟内容は土地と作物の価値である。訴訟に至る前には苦情を解決するために、価値の再評価、LDAが費用を払いPAPが雇用した第3者専門家による価値の再評価、自治体や議員等を交渉に入れる等ありとあらゆる手段を用いたが、解決には至らなかったとのことである。現在訴訟が継続中である。

10.5.3 土地収用の規模

(1) PAP の数

センサス、社会経済調査の結果、処理場予定地内には家屋もなく、土地が主要な収入源ではないことから、非自発的住民移転がないことが確認された。調査の結果判明した PAP は表 10.9 の通りである。

表 10.9 影響を受ける人々

影響を受ける筆	影響を受ける面積 (ha)	影響を受ける所有権数	調査された所有権数	調査された所有権の所有者数 (人)	調査された所有者* (人)	影響を受ける人々 (人)
511	75,90	1,228	1,140	280	251	1,250

注： * センサスと社会経済調査でカバーされた所有者数は異なる。

511 筆には 1,228 の所有権があり、1,140 の所有権情報を Republic Geodesic Institute から入手することができた。筆に対し所有権数が多い理由としては、かつては一人の所有であっても相続する際に複数の相続者に分割されたことによるものと考えられる。

280 の所有者が 1,140 の所有権を有しており、その内 251 所有者がセンサス調査でカバーされている。残り 29 所有者については以下の理由により調査ができなかった。

- 所有者が生存しているがベオグラード市外に居住： 3 所有者
- 所有者が死去しており相続人も不明： 10 所有者
- 所有者に調査への協力意思なし： 16 所有者

調査対象地域の影響を受ける人々は合計で 1,250 人である。

(2) 影響を受ける資産

補償の対象となる資産の確定のために、センサス・社会経済調査を実施した。

収用予定地の土地利用は以下の通りである。

- 菜園.....	471,430 m ²	(62.1 %)
- 草地.....	42,375 m ²	(5.6 %)
- 林.....	65,000 m ²	(8.6 %)
- 公共用地 (道路)	750 m ²	(0.1 %)
- 仮設道路.....	59,250 m ²	(7.8 %)
- 未使用.....	120,242 m ²	(15.8 %)
合計:	759.047 m ²	(100.0 %)

収用される土地の全所有地に対する割合を表 10.10 に示す。

表 10.10 収用される土地の全所有地に対する割合

収用される割合	25 %以下	25 – 50 %	50 – 75 %	75 %以上	回答なし
該当者の比率	79.4%	1.4 %	0.2 %	0.3 %	18.7 %

この結果によれば、土地収用により 50%以上の土地を失う人が 0.5%（実数で 6 所有者）となる。社会経済調査結果によると、内 2 所有者はそれぞれ 19%と 0.2%の収入を土地収用により失うことになる。3 所有者は土地から収入を得てはおらず、残り 1 人は収入に関する回答をしなかった。

271,430 m² (62.1 %)がカリフラワー、キャベツ、玉ねぎ、ネギ、トマト、ハウレンソウ等の作物栽培に使用されている。

果樹、木、及び草地については表 10.11 の通りである。これら一年生作物については、基本的に収穫時まで土地収用を待つこととし、補償の対象とはならない。

表 10.11 樹木及び草地

カテゴリー	種類	単位	数量
果樹	クルミ	本	45
	セイヨウミザクラ	本	30
	プラム	本	160
木材	ポプラ、柳	本	6,929
草地		m ²	42,375

ビニールハウス、スプリンクラー、井戸等の構造物については表 10.12 に示す。

表 10.12 構造物

構造物		単位	数量
ビニールハウス	可動可	m ²	23,216.00
	稼働不可	m ²	4799.00
灌漑施設	可動可	m ²	168,704.00
	稼働不可	m ²	313,035.00
井戸		m	896.00

以上の資産が土地収用により影響を受けることになり、補償の対象となる。

10.5.4 社会経済調査

264 所有者に対して、社会経済調査が行われた。結果については Appendix-II にある LARAP の4章に記載されている。

10.5.5 受給資格

(1) エンタイトルメント・マトリックス

本プロジェクトの受給資格を表 10.13 のエンタイトルメント・マトリックスにまとめた。

表 10.13 エンタイトルメント・マトリックス

カテゴリー	受給権者	補償内容	注記
CATEGORY-A: 土地			
A-1 土地の永久喪失	登記された所有者及びその相続人	市場価格に基づく金銭での補償（税金、登記等手続き費用の負担なし）	土地を部分収用する場合には、所有者が残りの土地では商業価値がなく、経済的にも大きな影響を受けるようであれば、所有者の求めに応じ、残りの土地も収用される。
	所有者の許可を受けている使用者	土地に対する補償はなし	使用している土地に作物や樹木、井戸等がある場合は、カテゴリーC-2 に従い補償される。
A-2 公共用地の永久喪失	ベオグラード市	補償は必要なし	
	国有地	補償は必要なし	土地の権利をベオグラード市に移転するための行政費用はベオグラード市が支払う。
A-3 土地・土地利用の一時的喪失	登記された所有者及びその相続人 所有者の許可を受けている使用者	補償額は周辺の類似の場所のレンタル料金に基づき決定する。一時的な収用終了後にはプロジェクト前のレベルまで回復されなければならない。	施工業者が土地の使用後に、プロジェクト前レベルもしくはより良い状況に戻す責任を負う。
CATEGORY-B: 影響住民の移転（本プロジェクトでは該当なし）			
CATEGORY-C: 土地にある動産・不動産			
C-1 公共財（インフラ/施設）	ベオグラード市	関係する機関から与えられた条件に従い、修理・再建する。	責任者は施工契約のタイプによって決まる。
C-2 作物・樹木、井戸等の喪失	登記された所有者及びその相続人 所有者の許可を受けている使用者	補償は Law on Expropriation により実施される（公認の評価者による評価に基づく）。	
Category-D 生活再建支援（本プロジェクトでは該当なし）			

(2) カットオフデート

「セ」国法制度では、資格を決める日付が2回ある。1回目は公共の利益のための土地収用の決定が政府により出された日であり、2010年8月19日である。これにより収用の対象となる区画が決定され、以後その土地に関する取引は禁止される。

収用手続きは公共の利益のための土地収用の決定が政府から出された日から始まる。実際の各所有者との交渉は、収用の決定が出された日から始まる。これが2回目のカットオフデートである。1回目と2回目のカットオフデートまで間が空くことが多いことから、収用の決定が出されるまでは土地の使用が許可されている。失われる資産については、この日をベースに決定される。

(3) 生活再建策及びその他支援

10.5.3章において述べた通り、251所有者の内6所有者が土地収用により所有する土地の50%以上を喪失する。その内、3所有者は土地から収入を得ておらず、2所有者はそれぞれ19%と0.2%の収入を土地収用により喪失する。19%の収入を失う所有者は、この収入が主要な収入源ではなく、商業を収入源としている。以上より、土地収用によるPAPへの影響は大きなものではなく、本プロジェクトでは生活再建策及びその他支援の必要性はないと言える。

10.5.6 実施体制

(1) 関係機関の役割及び責任

土地収用手続きに役割及び責任を持つ組織は、収用者としてのLDA、ベオグラード市、Palilula自治体、Ministry of Finance、Ministry of Construction and Urban planning、Land Cadaster Office、Tax Administration Officeである。各機関の役割及び責任はAppendix-IIのLARAP6.1章に記載されている。

(2) モニタリング

プロジェクトが「セ」国法制度、JBICガイドライン、並びにLARAPに従い実施されることを確保するために、LARAP実施の進捗と結果についてモニタリングが必要である。

LARAP実施の内部モニタリングをプロジェクト実施時にLDA内に設置されるPIU (Project Implementation Unit) が実施する。このPIUとプロジェクトの設計・施工管理・プロジェクト管理を担当するコンサルタントがLARAP実施の評価と進捗の促進等のための内部モニタリングを行う。

PIUの責任として、(i) PAPとの協議、インタビュー、(ii) 土地収用予定地の定期的な訪問と

PAP との定期的なミーティング、(iii) 苦情処理メカニズムを通じて入手した苦情の調査、(iv) LARAP 実施結果、苦情調査とその解決策をまとめたモニタリング報告書の作成である。コンサルタントは (i) LARAP が方針に基づいて実施されているかの確認、(ii) 苦情の内容及び苦情処理の確認をし、アドバイスの提供、(iii) 受けた苦情とその解決策、及びその他 LARAP 実施に関する評価と行い、PIU を支援する。

(3) 苦情処理メカニズム

Law on Expropriation により、苦情処理メカニズムが制定されている。PAP が土地収用そのものに対して反対する場合は、土地収用が公共の利益であると政府により宣言されていることから、訴えは Ministry of Finance に出される。PAP が Ministry of Finance の決定を承知できない場合には 30 日以内に裁判所へと訴えることができる。

PAP が土地以外の資産の評価に異議がある際には、その評価を行った LDA が雇用した評価者に対し再評価を要求することができる。また PAP は LDA の費用で別の評価者を雇用して、失われる資産価値の評価について再確認を依頼することができる。またその他、自治体やその地域の議員を交渉に加える等して、可能な手段で和解を試みる。交渉の後、PAP が評価に対して納得できない場合には、Law on Expropriation に基づき裁判所へと訴えることができる。

(4) 費用

表 10.14 に土地収用に係る費用を示す。

表 10.14 費用

資産	単位	数量	単価 (RSD)	金額 (RSD)	
土地	m ²	758,297.00	949.50	720,003,001.50	
ビニールハウス	可動可	m ²	23,216.00	100.00	2,321,600.00
	稼働不可	m ²	4799.00	5,000.00	23,995,000.00
灌漑施設	可動可	m ²	168,704.00	10.00	1,687,042.74
	稼働不可	m ²	313,035.00	30.00	9,399,238.18
井戸	m	896.00	3,000.00	2,688,000.00	
木材	木	m ²	6,770	3,500.00	23,295,000.00
	クルミ	m ²	20	20,000.00	400,000.00
合計	-	-	-	783,788,882.42	

(5) 実施スケジュール

土地収用に対する補償費の支払は、施工業者が建設許可を取る前までには完了させなければならない。収用手続きは予算措置なしには開始することができないことから、区画毎に

よってスケジュールは異なる。また WWTP 建設には予定地の残り 75ha 全てが必要ではないため、必要となる 35ha の収用を優先的に進めるスケジュールとする。表 10.15 にスケジュールを示す。このスケジュールはプロジェクト実施が可能な限り早く実現することを想定にしたものである。

表 10.15 LARAP 実施スケジュール

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10
LARAP 実施	[Progress bar from Year 1 to Year 5]									
土地収用の決定	[Progress bar from Year 1 to Year 4]									
動産・不動産の評価	[Progress bar from Year 1 to Year 4]									
土地収用プロポーザルの提出	[Progress bar from Year 1 to Year 4]									
住民協議	[Progress bar from Year 2 to Year 4]									
合意及び支払	[Progress bar from Year 2 to Year 5]									
L/A 調印	[Progress bar from Year 2 to Year 3]									
コンサルタント選定	[Progress bar from Year 3 to Year 3]									
詳細設計	[Progress bar from Year 3 to Year 4]									
施工業者選定	[Progress bar from Year 4 to Year 5]									
工事	[Progress bar from Year 6 to Year 8]									
試運転期間	[Progress bar from Year 9 to Year 10]									

10.5.7 住民協議

処理場予定地の選定、公共の利益のための土地収用の決定取得のための手続きは 2006 年から開始、さらに土地収用は「セ」国法制度に基づき 2010 年から開始された。それ以降、プロジェクト、収用の必要性、収用手続き、受給資格等の説明のための公開討論を何度にもわたって開催してきている。2006 年には 3 度に渡り、所有者及びその弁護士に対して、2010 年以降には個別・グループ共に 100 以上の公開討論がされており、全ての PAP は土地収用手続き及び受給資格について、精通している。今後は予算措置ができた時に、資産価値に関して個別の説明・交渉がもたれる。

「セ」国法制度と JBIC ガイドラインの乖離分析の結果、両者には大きな乖離がないということが判明しており、従い既に実施された公開討論で説明された方針、受給資格についても JBIC ガイドラインと一致していると言える。つまり過去に LDA により実施された公開討論は JBIC ガイドラインにも合致して実施されている。本調査期間中に住民協議の場を設けると、過去の慣例に従い PAP はすぐに収用手続きが開始され、補償が支払われるという間違った認識を持ってしまう恐れがある。このような誤解を避けるためにも、住民協議は「セ」国法制度ならびに JBIC ガイドラインに従い、補償の予算が確保され次第、LDA が責任を持って住民協議を開催し、その議事録を残すこととする。

過去 LDA が行った公開討論におえる PAP の主なコメントは、補償支払いのスケジュールと補償額、そして法的な相続人の権利についてであった。

11. 結論と提言

本調査では、ベオグラード市下水道整備事業の準備調査において、下水道施設計画を作成した。現在河川へ未処理で直接排出されている中央処理区の汚水を下水処理場へ運び、EU指令で定められている基準まで処理するため、インターセプター、ポンプ場及び Veliko Selo 下水処理場にかかる施設計画を作成し、事業費を積算した。

プロジェクト全体の事業費は、現在利用可能とされている資金を上回るということが判明したことから、実施可能なプロジェクト規模にするために、施設の段階的整備を提案した。事業効果・優先性・投資効果の観点から、第1期事業として、Mokrolung 区域を除くサヴァ川右岸の中央処理区の汚水（中央処理区の汚水量 52%に相当）を収集する施設、及びそれを処理する Veliko Selo 下水処理場を最適な施設とした。この結果、プロジェクトは利用可能な資金内に収まり、経済・財務的、環境社会配慮上、実施可能と判断された。

ベオグラード市の下水道施設改善プロジェクトはインターセプターNo.5 及び No.7 を建設した 1990 年から始まっており、現在インターセプターNo.8 及び No.9 を建設している。第1期事業が実施されなければ、20 年以上前に建設された施設、そして建設している施設は非稼働の状態のままになる。それゆえ、第1期事業の早期実現が強く望まれる。

プロジェクトの早期実現に向けて、「セ」国政府、ベオグラード市、LDA（ベオグラード市都市開発公社）、BVK（ベオグラード市上下水道公社）及び関係機関は、各組織の権限に従い以下の主体的な行動を取ることが求められる。

<セルビア国政府への提言>

プロジェクトはベオグラード市に属することから、市はプロジェクトの実施及びプロジェクト施設の運営に全責任を有する。しかしながら、環境改善への貢献、及び国是である EU 加盟の必要条件の履行というプロジェクトの目的を鑑み、「セ」国政府はプロジェクト着手・実施のための迅速な許認可手続き、及び外国、国際資金提供機関との協定の促進を主導する必要がある。また政府は、環境保護・EU 加盟という国家政策に資するプロジェクトであることから、補助金等によるプロジェクト資金提供についての負担を担うべきである。

<ベオグラード市への提言>

ベオグラード市は、ベオグラード市がローンの借手であった場合でも中央政府が借手であった場合でも、プロジェクトコストの融資非適格項目部分に関する資金調達の責任を負うと考えられる。市がローンの借手であった場合、外国ローンは政府の補償（sovereign guarantee）が必要であることから、ローンの申請・交渉に際し、政府と市の緊密な連携が必要とされる。プロジェクト実施及び運営においては、市の下部機関である LDA が実施の、BVK が下水処理施設運営の責任を持つことになる。市はこれら組織の先導だけではなく、政府、関連省庁、関連する市の組織の連携においても主導権を取ることが必要である。さらに、市は下水処理施設の健全な経営のために水道・下水道料金の決定においても責任を

有する。

<LDA への提言>

LDA はプロジェクト準備・実施に当たり主要な役割を果たす。準備段階では、許認可手続き、資金調達、資金提供機関との交渉といった多くの行動が必要であるが、これらについては LDA の権限外であるが、行動を起こすための首唱者とならなければならない。実施段階では、LDA は文字通り実施者である。プロジェクト実施に係る全ての行動は LDA の責任であり、LDA 内の各部署に役割が振り分けられる。それゆえ、プロジェクト実施に必要なとなる全ての機能・責任を集めた PIU(プロジェクト実施ユニット)の設立が強く推奨される。

<BVK への提言>

BVK はプロジェクトにより建設された施設の維持管理の責任を有する。現在 BVK は下水処理場を除く下水施設の維持管理を行っている。下水処理場は新しい施設であり、その維持管理のために技術と人的資源が必要となる。BVK は技術研修を受けた必要な人材を配置した、下水処理場維持管理のための新しい部署を設立しなければならない。おそらく、インターセプター及びポンプ場の維持管理部門についても拡張が必要となる。BVK は独立経営組織として、下水道施設の健全な経営の責任も負う。本調査では、下水道料金を現行から 23%値上げすることで財務的に実行可能であると結論している。それゆえ、BVK は料金値上げ手続きに備える必要がある。逡増型料金制度の導入は低所得者層に対する料金値上げの影響を軽減することができる 1つの選択である。