

第3章 ベトナム2都市における下水道

3.1 現地調査結果

3.1.1 ハノイの下水道

(1) 概要

ハノイ市は近年まで下水処理施設がなく、生活排水及び汚水はそのまま川に流されていたが、1997年3月に日本のODAにより開始されたハノイ市排水環境改善事業により、23.9kmの新しい下水道管が敷設され、さらに、3,700m³/日処理容量のキムリエン(Kim Lien)下水処理場及び2,300m³/日処理容量のチュックバック(Truc Bac)下水処理場が2005年度に完成し、近代的な下水処理が行なわれるようになった。また、同じ年に42,000m³/日処理容量の北タンロン(North Thang Long)下水処理場が完成した。今後、バイマウ湖(Ba Mau Lake)下水処理場、エンソ(Yen So)下水処理場、エンサ(Yen Xa)下水処理場及びフド(Pu Do)下水処理場の4箇所の建設が予定されており、下水道の整備を促進する計画である。(図3.1.1参照)



図 3.1.1 ハノイ市下水処理施設の位置図

表 3.1.1 ハノイ市の下水処理施設概要

項目	処理場名	既設処理場		
		キムリエン	チュックバック	北タンロン
処理能力(m ³ /日)		3,700	2,500	42,000
処理方法		担体投入型嫌気・無酸素・好気法	担体投入型嫌気・無酸素・好気法	硝化促進型標準活性汚泥法
処理人口(人)		15,700	—	110,000
供用開始年		2005	2005	2009
建設資金源		円借款	円借款	円借款
維持管理主体	ハノイ市下水排水公社(HSDC)			

表 3.1.2 ハノイ市の新設予定下水処理施設概要

項目	処理場名	新設予定処理場			
		バイマウ湖	エンソ	エンサ	フド
処理能力(m ³ /日)		14,000	190,000	270,000	84,000
処理方法		標準活性汚泥法	硝化促進型活性汚泥法	硝化促進型活性汚泥法	硝化促進型活性汚泥法
進行状況		入札準備中	建設中	計画	計画
建設資金源		円借款	民間資本	円借款	
維持管理主体 ¹⁾	ハノイ市下水排水公社(HSDC)				

1) エンソ処理場は民間が1年間運営した後、ハノイ市に移管

(2) 河川環境

市内の河川は、殆ど下水道が普及していないので、都市排水が流入し、河川水は黒濁し堆積物の腐敗によるガスの発生が見られた。また、下水臭も感じられた。

ハノイ市内を流れる代表的な川であるトーリック川 (To Lich River)、キムニュー川 (Kim Ngu River)、セット川 (Set River)、ルー川 (Lu River) の水質試験 (簡易試験) を行った。(図 3.1.2 参照)

(注) 試験は(株)共立理化学研究所のパックテストを用いたが、簡易試験であるため、結果値は参考値であることに留意すること。

トーリック川上流の COD_{Mn} は 45mg/L、アンモニア性窒素は 30mg/L であり、中流では COD_{Mn} は 70mg/L、アンモニア性窒素は 55mg/L であることから、河川が市内を流れていくにつれ、水質汚濁が進んでいる。特にルー川は上流でも COD_{Mn} は 100mg/L、アンモニア性窒素は 55mg/L もあり、し尿・都市排水による水質汚濁がかなり進んでいると判断される。中流及び下流においても、同様に水質汚濁が進んでいる。



図 3. 1. 2 水質試験位置図

その他の河川も COD_{Mn} は 45～60mg/L、アンモニア性窒素は 30～45mg/L と測定され、水質汚濁が確認された。また、全ての河川で NO₃-N が全く検出されていないことから、河川には溶存酸素は全く存在しないことと推測される。ヌエ川へつながる水路も調査したが、同様の試験結果であった。

Bay Mau 湖の水質については、プランクトンの繁殖が見られ、河川水質に比べ COD_{Mn} は 15mg/L と低いものの、アンモニア性窒素 4mg/L、NO₃-N 5mg/L が検出され、し尿・都市排水の流入を推測できる。

表 3. 1. 3 ハノイ市内河川の水質試験結果

測定場所	項目	水温	pH	COD _{Mn}	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		(°C)	—	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
トーリック川	上流	29.9	7.7	45	35	0
	中流	29.1	7.4	70	55	0
キムニュー川	上流	28.2	7.4	60	30	0
セツ川	中流	28.0	7.4	45	45	0
ルー川	上流	29.0	7.4	100	55	0
ヌエ川への流入水路	市内西部	29.9	7.8	45	30	0
バイマウ湖	市内北部	30.4	8.5	15	4	5

* 測定日：2009. 2. 14

(3) 下水道の運営

ハノイ市の下水管路及び処理施設の運営は、ハノイ市下水排水公社（HSDC, HANOI SEWERAGE AND DRAINAGE ONE-MEMBER STATE COMPANY LIMITED）傘下の公企業である下水処理管理会社（SEWERAGE TREATMENT ENTERPRISE）が行なっている。

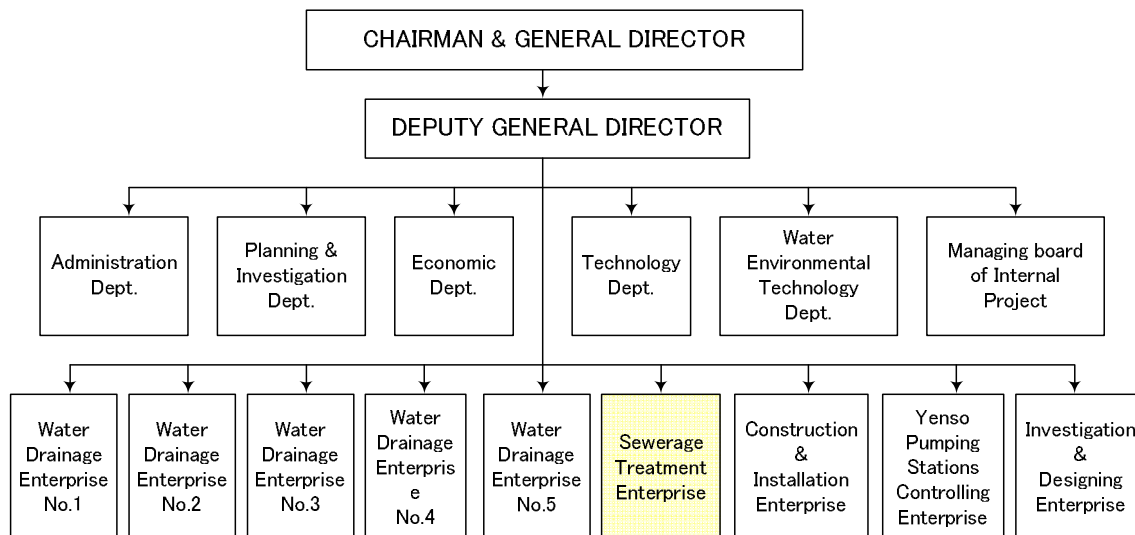


図 3.1.3 HSDC の組織図

(4) 下水道料金体系及び徴収

ハノイ市人民委員会は、下水道料金として水道料金の 10%相当額を徴収することと決めている。徴収対象は各世帯・政府機関・企業・レストラン・ホテル等である。なお、水道未整備地区や産業排水に対する環境保護費を納付している工場などは、下水道料金徴収の対象外となる。水道会社は、下水道料金は水道料金を同時に請求・徴収し、ハノイ市人民委員会に納入する仕組みになっている。

表 3.1.4 ベトナム都市地域の水道料金

区 分	料 金	備 考
一般家庭		
計量器なし	30,000VND/月	
計量器あり	2,800VND/m ³	16m ³ まで
	3,500VND/m ³	17~20m ³
	5,000VND/m ³	21~35m ³
	7,500VND/m ³	36m ³ 以上
産業用施設	4,500VND/m ³	
商業用施設	7,500VND/m ³	
公共用施設	4,000VND/m ³	

(5) 北タンロン下水処理場

1) 施設概要

2005年8月に完成したが、管路の接続が行われず、供用開始が遅れた。近隣のタンロン工業団地から3,700m³/日の下水を受け入れることになり、2008年9月より試運転を開始し、2009年2月より供用開始となった。(表3.1.5、図3.1.6参照) 処理方式は表面曝気方式の活性汚泥法である。計画処理量に達するのは2020年と予測されているが、都市開発及び下水道管の敷設が計画通りに行かず、2020年度に計画処理量に達するのも難しい状況である。計画としてはハノイ市北部(紅河左岸部)の下水を処理することになっている。処理場流入管路には2箇所の中継ポンプ場が設けられていて、これらのポンプ場は処理場で遠方監視できるようになっているが、制御はできない。

建設終了後3年以上が経過し供用開始したため、運転していなかったことによる設備の劣化が施設全般で進行している。今後も、当分の間は計画水量に達することは難しい状況であることから、流入水量に合わせた適正な運転計画を策定し、計画的な運転をすることにより、効率的な運転及び施設の延命化を図ることが可能である。



図 3.1.4 北タンロン処理場の表面曝気方式



図 3.1.5 処理場近隣のポンプ場

表 3.1.5 北タンロン下水処理場現況

項目	諸元	備考
竣工年月	2005.8	
供用開始年月	2009.2	
処理計画人口(人)	110,000	
処理能力(m ³ /日)	42,000	下水: 38,000m ³ /日、不明水4,000m ³ /日で設計
現況流入水量(m ³ /日)	3,700	タンロン工業団地からの受け入り、一般家庭なし

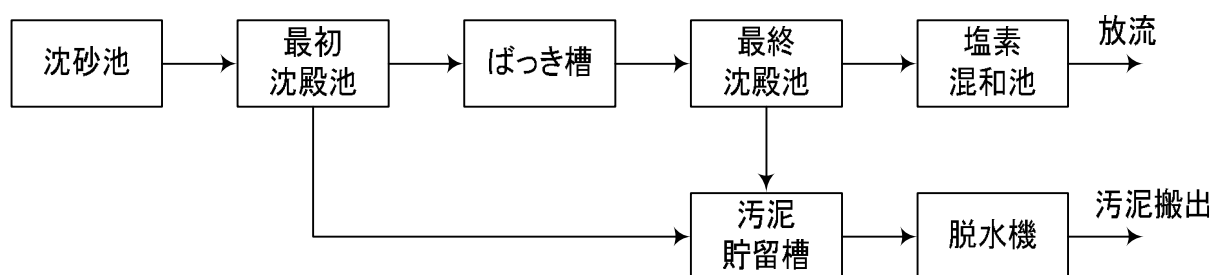


図 3.1.6 北タンロン処理場の処理フロー図

2) 施設管理体制

施設の維持管理は、次の表 3.1.6 のように常駐人員による日常業務と HSDC 本社の支援による支援業務に分かれている。日常業務以外はキムリエン、チュックバック処理場と共同で、HSDC 本社組織で行ない、効率的な管理体制が構築されていると考えられる。その維持管理体制を、図 3.1.7 に示す。

日常の運転に必要な水質測定は現場で行うが、定期的な水質試験は HSDC 内の試験室で他の 2 処理場と一括して行う体制になっている。法定水質試験は外部に委託している。

現場の運転員（7 名 4 班、3 交替）は施設の監視・運転及び日常点検・小修繕等の保守管理を行なっている。

表 3.1.6 北タンロン下水処理場の維持管理人員構成

区分	人数 (人)	備考
1. 常駐人員		
管理者	1	
維持管理	28	7人4班3交代体制、日常保守点検も行なう
水質測定	1	運転に必要な基本的試験、定期試験等はHSDC本社で行なう
合計	30	
2. 支援組織		
水質分析	5	HSDC本社実験室人員
保守管理	5	定期的点検、大修繕等を担当
その他	15	行政業務他等を他2処理場と纏めて行なう
合計	25	

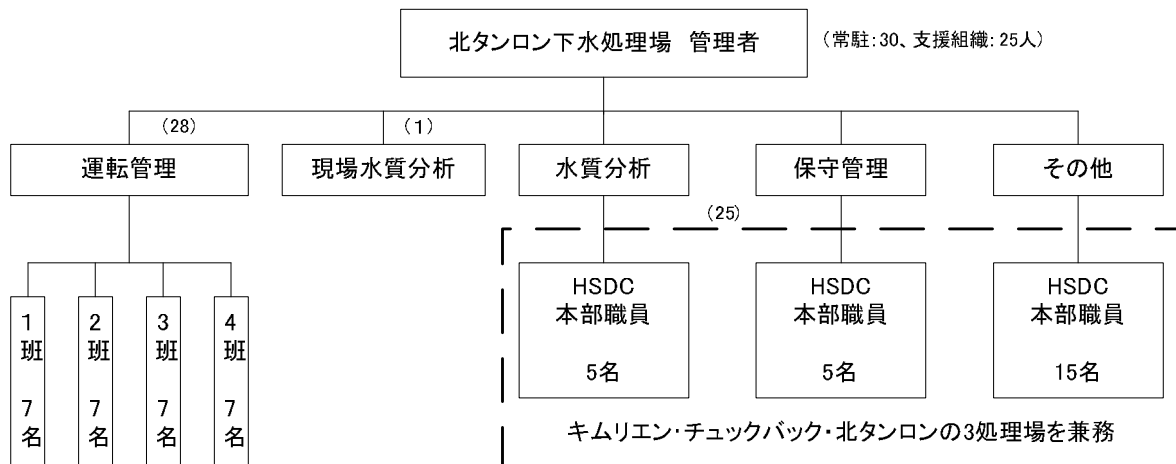


図 3.1.7 北タンロン下水処理場の維持管理体制

次表に、日本ヘルス工業（株）が日本国内で維持管理している同等規模処理場の運転要員の人数を示すが、施設容量から見ると適正な数であると判断される。しかし、現在の流入水量を考えると、維持管理要員の人数は過大と見積もられる。流入水量が少ないので、運転施設・業務量に見合った適正人員配置を考える必要がある。

表 3.1.7 北タンロン処理場と同等規模の処理場の運転要員数（ヘルス社管理）

処理場名 流入水量	A処理場	B処理場	C処理場	D処理場
4,000～6,000m ³ /日	4人	2人	4人	4人
	E処理場	F処理場	G処理場	
43,000～48,000m ³ /日	17人	20人	15人	

1) 運転及び勤務条件等の全ての条件は北タンロン処理場と同等の現場

3) 運転管理状況

前述したように施設能力は 42,000m³/日であるが、現在の平均流入水量は、タンロン工業団地からの下水で約 3,700m³/日である。

流入水の BOD、SS 濃度は、設計値 220mg/L、190mg/L に対して、いずれも 100mg/L と低い。そのため、BOD 負荷率では設計の 9,240 kg-BOD/日に対し、400 kg-BOD/日と施設能力の 4.3%と極めて低い水準である。施設の 1 系列（全 6 系列）のみを使用し、間欠曝気運転とすることでうまく対応している。また、全ての反応タンクに DO 計が設置されていないため、使用する池に移設して使用している。

放流水質基準は CLASS B(TCVN4945-2005、政令 § 3.1.5 参照)で、BOD : 50mg/L, SS :

100mg/L（農業用水利用水準）であるが、水質基準を満たしている。

法的水質分析項目は 37 項目であり、20 項目は HSDC 本社内の水質試験室で分析を行い、17 項目は、国の認定機関に外注し、測定を行なっている。

表 3.1.8 北タンロン下水処理場の流入原水及び放流水質

区 分		BOD	SS	備 考
		(mg/L)		
流入原水	設計値	220	190	
	現 況	100	100	タンロン工業団地と同じ
放流水	設計値	50	100	放流水質基準CLLAS B
	現 況	50以下	100以下	聴き取り調査結果

施設の点検はメーカーの取扱説明書に準じた点検計画書を作り、現場要員による毎日点検、支援組織による月間・年間点検を行っている。点検と同時に消耗部品の交換を含む定期整備も行っている。電気施設の定期点検は、国の法律で6ヶ月に1回とされ、市の条例で1ヶ月に1回とされている為、外部に委託し、点検を行なっている。施設においては、年 10 回程度の停電が発生するが、非常用発電機を運転することで処理機能に影響を与えていない。

電気使用量は、前述したように流入水量が少ないので、間欠曝気・省エネ運転を行ない、2,400～3,000kWh/日と予測される。処理水は次亜塩素酸ナトリウムを用い消毒して放流している。汚泥の脱水処理では塩化第二鉄 (FeCl₃)、及びポリマーの2種類の凝集剤を併用する方式で、濃縮設備を設置していない。しかし、余剰汚泥の発生がなく、運転実績はない。ポリマーは日本製の輸入品を使っているが、それ以外の薬品は国産品を使用し、3日以内で調達可能である。

維持管理に必要な消耗部品は、国内調達可能な物で1週間程度、輸入品については注文後約3ヶ月の納期期間が必要である。また、水質分析に必要な薬品は約2～3週間程度の納期である。

表 3.1.9 ユーティリティ使用現況及び調達状況

種 類	用 途	使用量	調達期間	備 考
電気	運 転	2,400～3,000 kWh/日		現在流入水量に対する予測値
次亜塩素酸ナトリウム	処理水消毒	不明 ¹⁾	3日以内	国内調達
塩化第二鉄 (FeCl ₃)	汚泥凝集	不明 ¹⁾	3日以内	国内調達
ポリマー	汚泥凝集	不明 ¹⁾	3日以内	国内調達 (輸入品)
消耗品 (国産)	維持管理	不明 ²⁾	1週間以内	国内調達
消耗品 (外国産)	維持管理	不明 ²⁾	3ヶ月以内	国内代理店調達

1) 現在までの運転実績なし

2) 現在まで予備品で充当

(6) キムリエン下水処理場

1) 施設概要

処理方式は担体投入型の嫌気無酸素好気法の施設で、窒素及びりん
の除去が可能な施設である。同処理場
はハノイ市排水プロジェクト（第1
段階）の一部であり、キムリエン地
区の 33.9ha の面積を処理区域と
している。施設はパイロットプラント
として、市街地の中心部に建設され
ており、隣には民家及び商業施設が
近接しており、中継ポンプ場から
下水が流入する。



図 3.1.8 キムリエン処理場全景

処理水は雨季には河川に放流するが、乾季にはポンプを使って隣接するキムリエン湖へ放流することで、湖の汚染を軽減している。

処理施設は市街地に設置されたので用地面積が限られ、省面積型の施設である。全ての装置は現場運転で、施設には電気室での警報監視・制御装置を設けず、運転要員の力量が処理の良否に影響する。今後もこの施設を利用し処理を続けるのであれば、適切な施設更新による運転データの蓄積・フィードバック、施設運転の効率化を図る必要がある。

施設は反応槽を嫌気槽・無酸素槽・曝気槽の3槽に分けて、下水中の窒素及びりんが除去できるシステムである。

表 3.1.10 キムリエン処理場の現況

項目	諸元	備考
竣工	2005	付属ポンプ場は既存の排水ポンプ場を利用
供用開始年月	2005.9	
処理計画人口（人）	15,000	
処理能力（m ³ /日）	3,700	
現況流入水量（m ³ /日）	3,700	

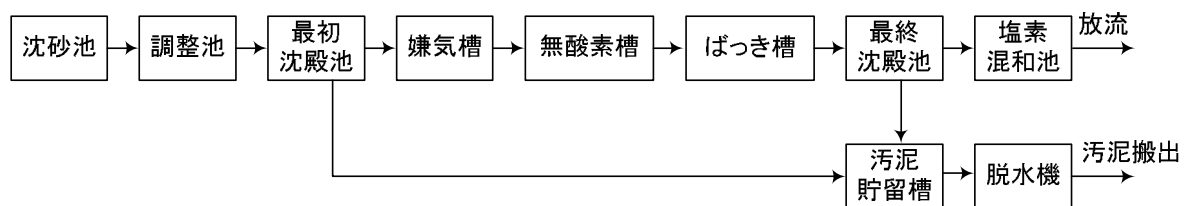


図 3.1.9 キムリエン処理場の処理フロー図

また、近隣地域住民に対する配慮から、臭気対策は万全である。臭気が発生する箇

所は全て密閉構造にして臭気を捕集し、活性炭を用いた装置で脱臭している。処理場内及び周辺では下水臭が全く感じられない。(図 3.1.10～11 参照)



図 3.1.10 スクリーン設備の脱臭配管



図 3.1.11 活性炭を用いた脱臭装置

2) 施設管理体制

同処理場の維持管理運転員は 5 名 4 班 3 交替である。運転要員は、水処理及び汚泥脱水機の運転を 24 時間連続で行なう。また、日常点検及び運転に必要な水質分析も行なう。定期的な水質分析は北タンロン処理場同様 HSDC 本社の水質試験室で行なう。(表 3.1.11 参照)

日本ヘルス工業(株)が受託運営する同規模の施設で同様の設備(汚泥脱水機運転等)を持つ処理場の維持管理人員と比較すると、表 3.1.12 に示すように約 4 人程度で運転を行なっている。日本の処理場も HSDC 同様、定期的な保守点検及び定期的な水質試験等は地域の支援センターで行なう体制である。

表 3.1.11 キムリエン処理場の維持管理要員の構成

区分	人数(人)	備考
1. 常駐人員		
管理者	1	
維持管理	20	5人4班3交代体制、日常保守点検も行なう
水質測定	0	運転に必要な基本的試験、定期試験等はHSDC本社で行なう
合計	21	
2. 支援組織		
水質分析	5	HSDC本社実験室人員
保守管理	5	定期的点検、大修繕等を担当
その他	15	行政業務他等を他2処理場と纏めて行なう
合計	25	

表

3.1.12 キムリエン処理場と同規模の日本の施設の維持管理要員の比較

区分	キムリエン ¹⁾	日本ヘルス(株)社委託運転処理場 (4,000~6,000m ³ /日容量) ²⁾			
		A処理場	B処理場	C処理場	D処理場
人員(人)	21	4	2	4	4

1) 24時間連続運転

2) 昼間運転、夜間及び土日無人運転

このようにキムリエン下水処理場に運転要員が多く配置されていることは、設備の監視・制御が手動で、運転要員を24時間現場に張り付ける必要があるからである。

従って、施設の監視・制御システムの設置により、夜間は無人運転とし、別の処理場で監視する。汚泥脱水機の運転を効率良くすることで、昼間だけの運転に切り替える。このような改造・自動化により、大幅な運転要員の縮減が可能となる。

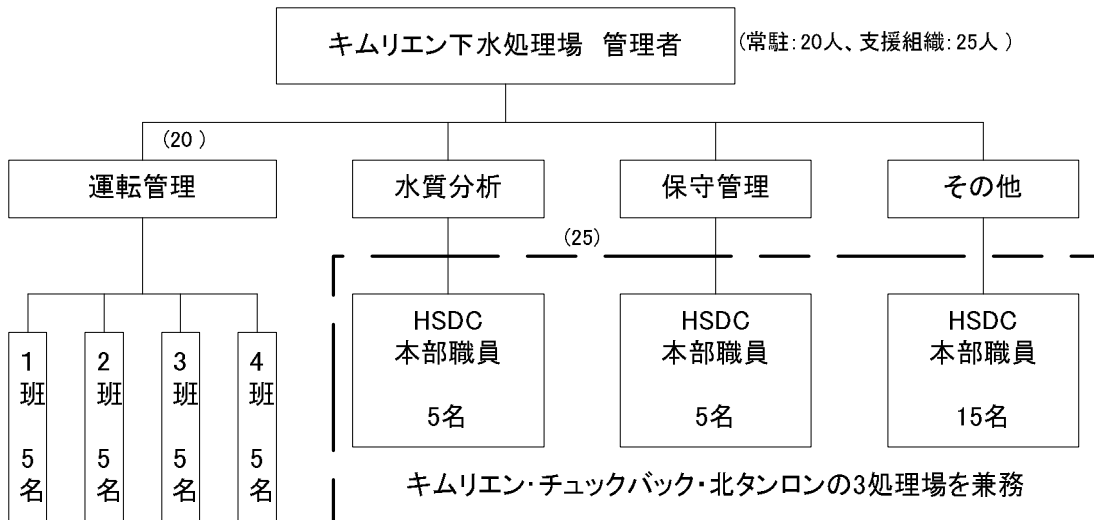


図 3.1.12 キムリエン処理場の維持管理組織図

3) 運転管理状況

流入水質は、表 3.1.13 に示すように BOD が設計値 250mg/L に対し 150mg/L、SS が設計値 200mg/L と同等である。放流水の水質は設計値より低く、排水基準 CLASS B を満たしている。

現地調査で実施した流入水と処理水の水質試験結果は、BOD・COD の除去および NH₄-N の硝化は認められるものの、窒素除去は認められなかった。旧正月期間の一時的な流入負荷量の増加で処理が良好に行なわれていないとの説明であったが、負荷変動に対処できる運転マニュアルを作成し、緊急時に対応できる体制を確立させる必要がある。

表 3.1.13 キムリエン処理場の水質

区 分		BOD	SS	備 考
		(mg/L)		
流入原水	設計値	250	200	
	現況	150	200	
放流水	設計値	30(50)	60(100)	()は放流水質基準GLLAS B
	現況	30以下	60以下	聴き込み調査結果

反応タンクの運転は、現場に設置されている DO 計濃度を運転指標（2～3 mg/l）として管理し、良好に行なわれている。

りん除去には、生物処理に加えて凝集沈殿法を併用している。処理水の消毒は、塩素混和池があるが、固形塩素を使用している。現地調査では残留塩素を確認できたが、確実な塩素注入と処理水との接触が行なえるよう注意が必要である。

キムリエン地区の管きょは、分流式で設計・建設されていたが、雨水管の誤接続が増え、現在は降雨時の雨水浸入水が増えている。計画流入水を上回る下水は、流量調整槽からバイパスを経て直接放流する。雨水の流入は処理性能及び処理費用に大きな影響を与えるため、雨水管を整備し、本来の分流式下水道に改善する必要がある。



図 3.1.13 固形塩素による消毒設備

汚泥脱水はベルトプレス脱水機を採用しているが、ろ布の寿命が1年くらいと短い。ろ布を酸洗浄することで延命化を図ることが可能である。メーカーの取扱説明書に準じた点検計画を策定し点検を行っている。HSDC の本社職員が、定期的にオイル・グリスをチェックし、消耗部品の交換・保守を行なっている。

電気設備は、6ヶ月毎に定期点検を行うことが国の法律で定められているが、市の条例に従い毎月外部へ委託し点検している。

主なユーティリティーの使用量及び調達方法・期間を、表 3.1.14 に示す。主な消耗品は脱臭用活性炭と反応タンクの担体である。活性炭は6ヶ月毎に国内調達し、担体は定期的に輸入している。

表 3.1.14 キムリエン処理場のユーティリティー使用量及び調達状況

種類	用途	使用量	調達期間	備考
電気	運 転	3,700 kWh/日		
固形塩素	処理水消毒	不明	3日以内	国内調達
次亜塩素酸ナトリウム	処理水消毒、 pH調節	600L/日	3日以内	国内調達
塩化第二鉄 (FeCl ₃)	リン除去	200kg/日	3日以内	国内調達
ポリマー	汚泥凝集	9kg/日	3日以内	国内調達 (輸入品)
消耗品 (国産)	維持管理	—	1週間以内	国内調達
消耗品 (外国産)	維持管理	—	3ヶ月以内	国内代理店調達

3.1.2 維持管理の課題

(1) 維持管理人員の問題

今回調査した北タンロン処理場及びキムリエン処理場は、日本ヘルス工業 (株) の配置する維持管理人員より多くの人員を配置している。ベトナムの人件費が安いことから、現時点では維持管理費用に大きく影響していない。物価及び人件費が激しく上昇しており、今後、人件費が維持管理費に大きく影響する可能性が高い。当初から適正な人員で運転できる体制を作り上げることが、将来危惧される人件費対策に不可欠である。

多数の維持管理要員の配置理由は、

- ・ キムリエン処理場は、中央監視・制御設備を設置しておらず、現場運転のみ。
- ・ 北タンロン処理場は、現時点の流入下水量が設計量の約 10%と少ないが、維持管理要員は設計能力に相当する人員を配置している。
- ・ 夜間、土日及び祝日の無人運転に関する改善の不足。監視・制御設備を介した無人化の検討不足。

等が考えられる。

維持管理体制を簡素化するには、キムリエン処理場及びチュクバック処理場に中央監視・制御設備を設置し、北タンロン処理場を含む全ての処理場を一箇所で監視・制御できるシステムを構築する (§ 3.2.1 統合管理・制御システム導入参照)。

(2) 流入下水量の問題

1) 北タンロン処理場の低流入水量

北タンロン処理場では処理区域の管きょ整備が計画より遅れているので、流入下水量が少ない。住宅団地開発や都市開発プロジェクトの遅れ等が影響していると見られる。今後も処理区域内の下水道整備が見込まれない場合には、処理区域外からの下水の受け入れ等を考慮した下水道計画の見直しが有効である。流入下水量が少な

いと、施設の運転が難しいことに加えて、設備の劣化が懸念される。

計画下水量が流入し全ての施設が稼動するまでは、休止中の施設は維持管理しなければならない。下水道整備計画と施設の運転・管理方法を整合させた維持管理計画が必要である。HSDC もこの課題を認識しており、処理施設のコントラクターに運転管理マニュアルの改善を要請し、新しいマニュアルで運転を始めている。各設備の劣化を防ぐために、機器の仕様を考慮した詳細な運転・保守点検マニュアルを策定しなければならない。

2) キムリエン処理場の雨天時浸入水対策

キムリエン処理区は、分流式下水道で整備された地域であるにも関わらず、現在は降雨時には晴天時を大きく上回る量の下水が流入している。雨水の浸入は、下水の水質及び流入量を変化させ、下水処理に悪影響を与えるだけでなく、処理能力を上回る下水が未処理でバイパス放流されて河川を汚染する（SSO：sanitary sewer overflow）。既設下水管路の調査や補修が必要である。管路施設の維持管理は、調査及び補修と共に管路台帳を整備し、将来の管路施設の維持管理を容易にすることも必要である。

(3) 汎用機器の使用

処理場に設置されている機材は殆どが輸入品であり、その仕様も同国内での購入が難しい物もある。部品の納期及び価格が、維持管理に影響を与えていると現地調査で把握した。設備の更新時には、現地で調達可能な汎用品・機器を採用することで、維持管理が中断することのないようにすべきである。

(4) 経年劣化対策の構築

キムリエン処理場は、建設後4年が経過したが、様々な箇所での腐食等の問題（経年劣化）が見られる。ストックマネジメントの観点から、施設全般を調査し、施設の修繕及び改善点を見出し、適切な劣化対策を構築することが不可欠である。図 3.1.14 に示すように、大規模のオーバーホール等により、機器の停止を未然に防ぎ、ライフサイクルコストを削減することが可能である。

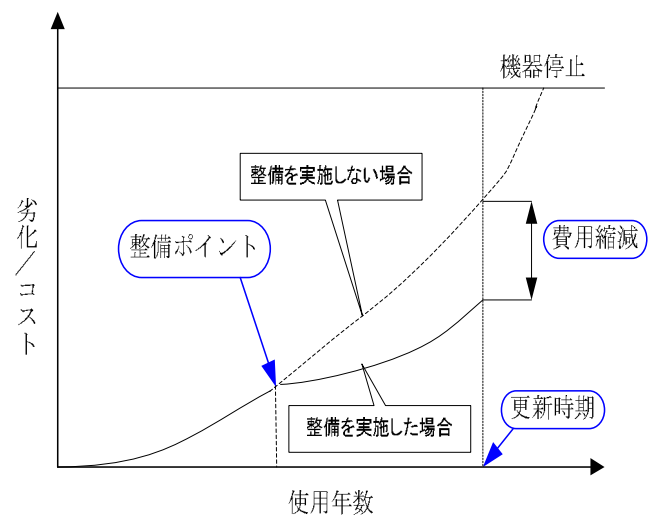


図 3.1.14 経年劣化対策による費用削減効果

(5) 維持管理教育・訓練の必要

現地調査では、ほとんどの施設で O/M マニュアル等にしがたって指示された手順の維持管理を行なえば良いという維持管理要員の意識が確認された。

日本ヘルス工業（株）の経験では、維持管理要員の創意工夫により、安定的に処理機能を発揮させつつ、維持管理費用を縮減することが可能である。維持管理要員に対する持続的な教育及び訓練は重要である。

今後、維持管理に対する研修プログラムを策定し、下水処理の様々な分野に関する専門的・持続的な教育・訓練を通じた意識改革を行ない、専門家を育成し、安定的で効率的な維持管理を行う必要がある。

下表に、必要な維持管理教育・訓練の例を示す。

表 3-1-15 維持管理教育・訓練の例

クラス	主な役割	必要な教育・訓練の例
管理者	組織の責任者 従事者の指揮監督	<ul style="list-style-type: none"> * 上下水道整備計画など上位計画に関する事項 * 組織体制の確立に関する事項 * 危機管理に関する事項（労災・施設） * 労務管理、経理等に関する事項 * 総合管理計画策定に関する事項 * 他の上下水道施設運営状況に関する事項（視察等） など
部門別 責任者	業務毎の 計画実行責任者 従事者への 指示・指導	<ul style="list-style-type: none"> * 業務実施計画の作成・工程管理に関する事項 * 業務マニュアル作成に関する事項 * 管理手法に関する事項 * 業務に関する個別技術に関する事項 * 個別作業方法、安全管理、衛生管理に関する事項 * 通常時・異常時の対応に関する事項 * 報告、データ作成・記録に関する事項 * OJT の実施方法、計画の作成に関する事項 など
一般 (従事者)	各業務の実施	<ul style="list-style-type: none"> * 操作方法、作業方法、安全管理、衛生管理に関する事項 * 通常時・異常時の対応作業に関する事項 * 報告、データ作成・記録に関する事項 など
共通	—	<ul style="list-style-type: none"> * 施設特性に関する事項 (処理プロセス、操作方法、自動化の程度等) * 施設機能に関する事項 * 作業安全衛生に関する事項 * 設計諸元に関する事項 (施設能力・池容量、水位、設備機能等) * 上下水道事業に関する法令に関する事項（基本） * 他の上下水道施設維持管理状況に関する事項（視察等） など

3.1.3 ホーチミンの下水道

(1) 下水道の概要

ホーチミン市の下水管渠は、浸水対策を目的とした雨水排除システムとして 1870 年から建設され、現在の下水管路の普及率は約 50% である。下水は、合流式下水管渠で、95 箇所からの吐き口から河川に放流されていたが、ホーチミン市水質環境改善プロジェクトにより、遮集管路の建設と、141,000m³/日処理能力のビンフン下水処理場 (Binh Hung STP) が 2009 年 2 月に竣工した。汚水がしゃ集・処理されることで、市内の 1, 4, 5, 6, 8 区を流れるベンゲイ運河とタブウ運河の水質が改善される。ビンフン下水処理場は、拡張プロジェクトが進められており、現在の処理能力 (141,000m³/日) の約 3.6 倍の 512,000m³/日まで増強される計画である。

ベルギーの援助でデン (Den) 水路の汚水を遮集し、処理するエアレーティッドラグーン方式のビンフンホア処理場 (Binh Hung Hwa STP, 30,000m³/日処理容量) が、2006 年に供用開始している。この処理場は、デン水路に放流された下水及び工場排水を取水し処理する下水道システムである。デン水路には周辺地域住民 120,000 人の下水が直接流され、また 40 箇所程度の工場排水が未処理で流入している。周辺ではかなりの悪臭があり、水環境・地下水の改善やし尿処理など、住民サービスを向上させるためには、下水の遮集管路の建設が必要である。

両処理場の処理能力を合わせると 171,000m³/日程度となり、処理人口は 485,000 人程度で、下水道普及率は 7.7% (2005 年度のホーチミン市人口は約 6,240,000 人) と推定される。今後、ビンフン処理場の拡張等により、ホーチミン市は 2020 年までに 80% 以上の普及率を目指している。



図 3.1.15 ビンフン処理場全景



図 3.1.16 デン水路の光景



図 3.1.17 ビンフンホア処理場全景

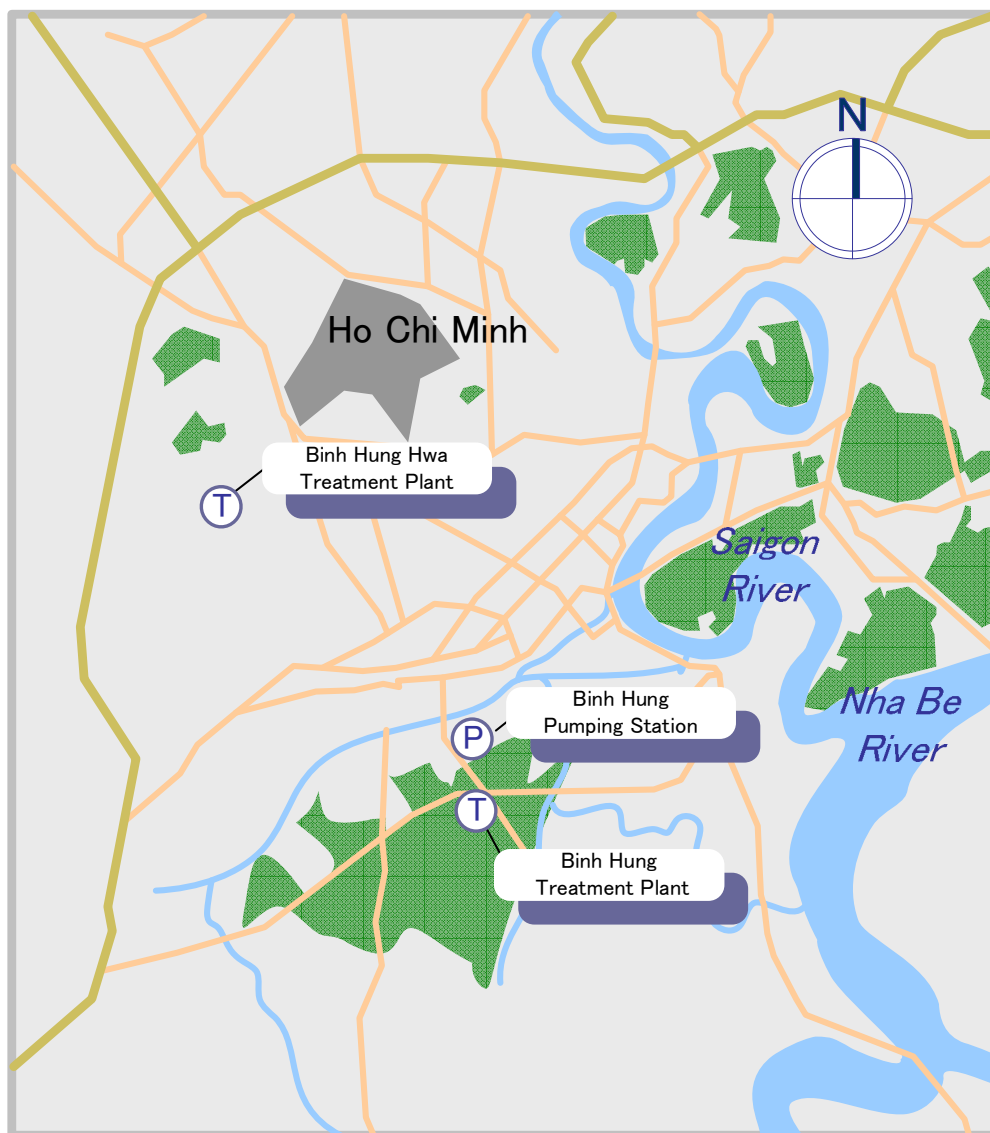


図 3.1.18 ホーチミン市下水処理施設位置図

(2) 下水道料金体系及び徴収

下水道料金は、サイゴン水道株式会社 (SAWACO) が水道料金と同時に請求・徴収し、ホーチミン市の人民委員会に納入される。下水道料金は水道料金の約 12% であり、一般家庭の場合 (4m³/構成員/月)、300 VND/m³ である。ホーチミン市の水道料金を表 3.1.16 に示す。

ホーチミン市の下水道を維持管理する UDC (Urban Drainage Company HCM City) は、現在の料金体系は市民の生活水準と比べると低料金で、施設の適切な維持管理及び施設拡充は期待できない水準であると認識している。しかし、下水道料金制度の導入を優先し、引き続き、料金の値上げ等を含む経営計画を検討する意向である。

表 3.1.16 ホーチミン市の水道料金

区 分	1999年料金体系	現在(2004年変更)
	(VND/m ³)	
一般家庭		
4m ³ /構成員/月 以下	1,300	2,700
4~6m ³ /構成員/月	2,100	5,400
6m ³ /構成員/月 以上	—	8,000
工場	3,100	4,500
公共機関	—	6,000
商業施設		
8m ³ /月 以下	5,200	8,000
8m ³ /月 以上	8,700	

(3) 維持管理の現状

1) ビンフン下水処理場

① 施設概要

ビンフン下水処理場は、表 3.1.17 に示すように、処理能力 141,000m³/日、モディファイドエアレーション法の処理場である。第3期の拡張計画で、標準活性汚泥法に変更する計画である。処理フローを、図 3.1.19 に示す。増設計画を、表 3.1.18 に示す。2020 年には 512,000 m³/日の処理能力とする計画である。

中継ポンプ場が 1ヶ所設置されている。処理施設の特徴としては、沈砂池が中継ポンプ場に設けられており、処理施設は、揚水ポンプー最初沈殿池ー反応タンクー最終沈殿池ー消毒施設の構成である。汚泥処理施設は、濃縮（重力式・遠心濃縮）ー機械脱水ーコンポスト化の構成で、コンポスト施設は籾殻を利用する。

コンポスト化については、籾殻の調達量・費用の問題及びコンポスト施設の高い維持管理費用等のデメリットもあることから、経済性等を考慮した汚泥処理のあり方について綿密な検討が必要である（§ 3.2.2 ホーチミン市下水処理場の維持管理に関する提案参照）。

処理施設は 2009 年 2 月に供用開始する予定であったが、ホーチミン市への移管手続きが終了しておらず、試運転中であった。維持管理業務は、民間に委託運営する予定である。

表 3.1.17 ビンフン処理場の概要

項 目	諸 元	備 考
供用開始年	2009 年 2 月	民間委託運営予定
処理場能力	141,000m ³ /日	将来 512,000m ³ /日まで拡張予定
現況流入水量	30,000m ³ /日 (2009 年 2 月)	70,000m ³ /日 (2009 年 7 月見込み)

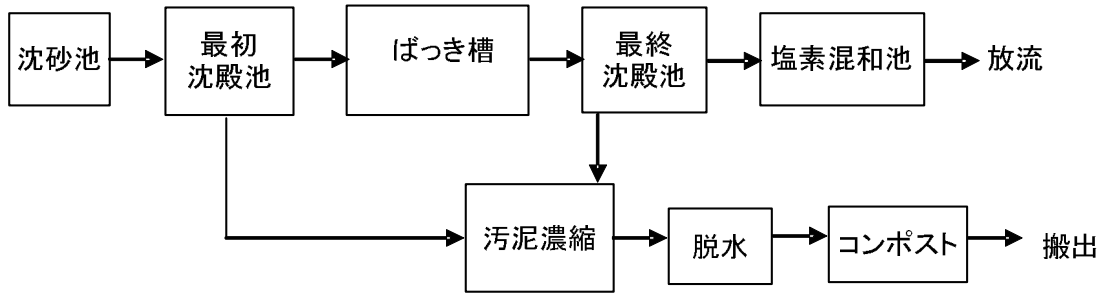


図 3.1.19 ビンフン処理場の処理フロー図

表 3.1.18 ビンフン下水処理場の拡張計画

期	目標年度 ¹⁾	計画下水量	計画書処理水質
第1期	2005	141,000m ³ /日	BOD : 50mg/L、SS : 100 mg/L
第2期	2010	469,000m ³ /日	BOD : 50mg/L、SS : 100 mg/L
第3期	2020	512,000m ³ /日	BOD : 20mg/L、SS : 50 mg/L

¹⁾目標年度は最初計画時の目標年度である。

② 施設管理体制

現在は試運転を行なっている段階で、維持管理体制は定まっていない。想定する維持管理体制を、図 3.1.20 に示す。詳細等は § 3.2.2 で提案する。

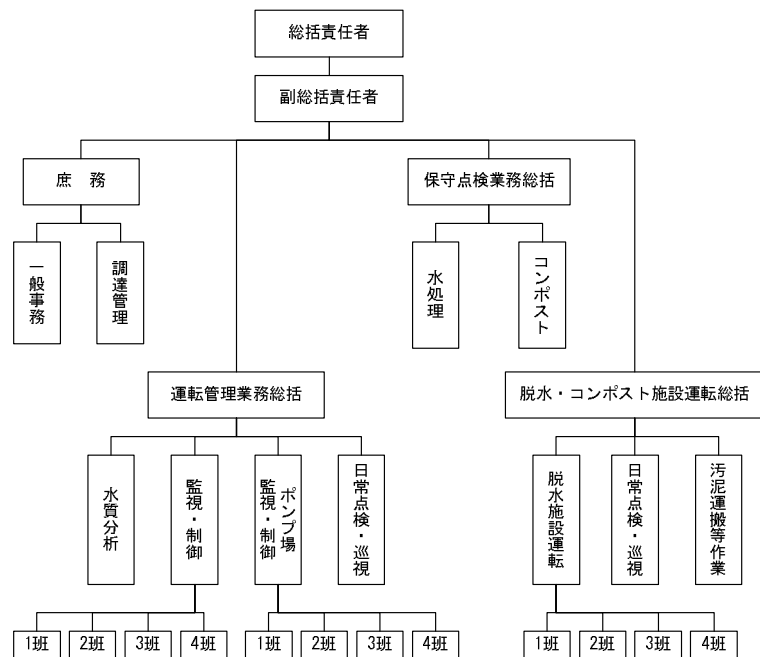


図 3.1.20 ビンフン処理場の維持管理体制 (案)

③ 運転管理状況

2009年2月の平均下水流入水量は30,000m³/日である。流入水量は徐々に増え、7月には70,000m³/日に達する見込みである。流入水のBOD濃度は50mg/Lで設計値の163mg/Lと比べて低い。BOD負荷量は、23,265kg-BOD/日の設計値に対し、1,500kg-BOD/日と6.4%である。試運転中のため、全10系列を使用して運転しており、低負荷運転を行なっている。試運転期間中であっても、処理性能の確認や運転方案の策定のため、流入水の水量・水質に見合った応じた池数で運転することが望ましい。

今後も流入水のBOD濃度が低い状態が続くようであれば、適正な運転計画を策定することが重要である。現在の流入水の濃度であれば、排水基準に対しては、1次処理－消毒で達成できる。水量及び水質等を含んだ総合的な処理施設の維持管理計画の再検討及び適正な維持管理計画の策定が必要である。

表 3.1.19 ピンフン下水処理場の原水及び処理水質

区 分		BOD	SS	備 考
		(mg/L)		
流入原水	設計値	163	163	
	現況	50以下	—	
放流水	設計値	50	100	放流水質基準CLLAS B
	現況	12	45	聴き取り調査結果

汚泥処理については、試運転中で、適切な汚泥の管理・引抜きがなされず、汚泥濃縮槽で汚泥が腐敗している。返流水を含む分配槽のCOD_{Mn}が270mg/L（簡易水質試験結果）と高く、汚泥処理工程からの返流水の負荷が過大である。流入水量が少ない初期の運転段階では、脱水機を間欠運転となるため、汚泥処理工程における腐敗が進行する。設備の腐食の進行、脱水機の運転効率の悪化を防ぐ必要がある。下水の流入量が増加し、汚泥濃縮－脱水を正常に行なうと、これらの課題は解決される。

試運転は、コントラクターの点検計画書及び維持管理計画書に従って実施されている。今後、5～10年の周期で実施される主ポンプ、送風機、脱水機等のオーバーホールは、日本へ持ち帰り、点検・整備に約6ヶ月要すると予定している。設備台帳が導入されていないことから、機械の状態を判断する資料が限られる。設備台帳システムを導入し、機械の修繕及びオーバーホール等の保守点検・修繕計画を策定し、適切に運転・維持管理することが重要である。特に、主要機器のオーバーホールは、日本への輸送費用が高価となることが予想されるため、綿密な点検・整備計画を立て、オーバーホールの時期を延ばす手法（予防保全）の確立が必要である。

現況の流入下水水量に対するユーティリティーの使用量を、表 3.1.19 に示す。電力値以外はデータがなく、全て予想使用量である。留意すべき点は、水分調質材に用いる粉殻で、比重を0.1とした場合、30,000m³/日の流入下水水量で1日20トントラック20～40台分が必要となる。計画流入水量141,000m³/日では、1日最大約190

台分の粉殻が必要になる。粉殻の収集・運搬には、かなりの業務量が予想されるので、適確な収集・運搬計画が必要である。

表 3.1.20 ビンフン処理場のユーティリティーの使用量（現況 30,000m³/日に対し）

項 目	使用量	備 考
電 力	13,000kWh/日	現況の 30,000m ³ /日に対しての実績
次亜塩素酸ナトリウム	500L/日	現況の 30,000m ³ /日に対する予想量
ポリマー(汚泥処理)	45~90kg/日	現況の 30,000m ³ /日に対する予想量 流入 SS 量により変動
粉殻 (コンポスト用)	40~80m ³ /日	現況の 30,000m ³ /日に対する予想量 流入 SS 量により変動

中継ポンプ場は、処理場から 3.5km 程度離れている。処理場では中継ポンプ場の監視及び制御が出来ないことから、緊急時に備えて維持管理要員が常駐する管理体制である。現在のシステムでは、ポンプ場の運轉變更要請等を、電話回線で伝えているが、緊急時の対策を考慮して、処理場で 24 時間の監視・制御が出来るようなシステムを設置するのが望ましい。

2) ビンフンホア処理場

ビンフンホア処理場は、隣接するデン水路の水を取水して処理を行なう好気ラゲーン方式の処理場である。2006 年 3 月にベルギーの援助で建設された。処理能力は 30,000m³/日で、現況流入量は 26,000 m³/日程度である。処理水は、デン水路に放流し、水質汚濁を防いでいる。処理水の BOD は、8 mg/L 程度で安定している。



図 3.1.21 処理場概要



図 3.1.22 原水流入口及びスクリーン

処理フローを、図 3.1.23 に示す。

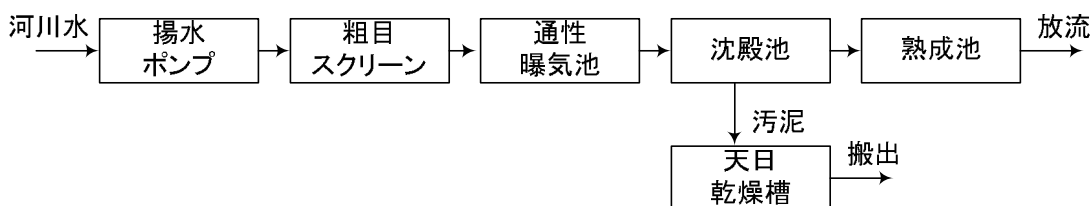


図 3.1.23 ビンフンホア処理場の処理フロー図



図 3.1.24 曝気池の表面曝気機



図 3.1.25 沈砂池及び点検作業

維持管理要員は、全部で 25 人体制であるが、警備員が 8 人を占める。処理場の周辺地域には民家が隣接しており、広大な敷地に数多くの池が設置されていることから、一般市民の敷地内への不法侵入による安全事故等を考慮した、万全な警備体制を取っている。警備員数と 24 時間監視体制は適正である。

また、水質測定は処理施設の運転に必要な試料のみを分析することから、過大である。全体として 5 人程度の縮減が可能である (表 3.1.21 参照)。

表 3.1.21 ビンフンホア処理場の維持管理要員構成

区分	人数 (人)	備 考	
		既存体制	縮減人員 (案)
管理者	1		
維持管理 保守点検	8	2人4班3交代体制	1人4班3交代体制昼間2人常駐 計6人に対応、 2人縮減
水質測定	5		3人に対応、 2人縮減
事務員	3		2人体制、 1人縮減
警備員	8	2人4班3交代体制	
合 計	25		5人縮減

現在の電力使用量は約 7,800kWh/日であり、処理水当たりには換算すると 0.3kWh/m³で、省エネルギー型の処理システムといえる。

処理水の消毒については、熟成池の長い滞留時間を利用し日光（紫外線）で行っており、薬品を使用していない。汚泥処理についても天日乾燥後、堆肥として近隣の農家に配るため、殆ど費用を要していないことから維持管理費用は安価である。

曝気機は故障が多く、修理は殆ど現場保守チームが行なっている。部品は全て輸入品であり、調達に約 20 日以上を要する。

3) Tan Quiy Dong パイロットプラント

処理人口 4,000 世帯、処理能力 500m³/日、接触酸化法の小規模施設で、台湾の援助で建設された。通常の流入水量は 500m³/日で、運転は運転操作員と警備の 2 名・2 交替制で行っている。

ブロワーは、21h/日で運転するとともに、窒素除去のため、反応槽前段部で送風量を絞っている。汚泥は、反応槽各槽より貯留槽へ引抜き、18 ヶ月に 1 回の頻度で処分する。



図 3.1.26 反応槽全景

密閉型の処理システムのため保守が難しいこと、処理水質がそれ程良好でないことから、今後は下水処理場の整備が進んだ段階で現在の施設を廃止し、ビンフン下水処理場への移送施設（中継ポンプ場）としての利用を推奨する。

(4) 維持管理の課題

1) ビンフン下水処理場

① 流入水質の問題

流入水量は、計画下水量の約 21%、30,000m³/日であるが、合流式管路の遮集であり、流入水質が設計水質の 50%以下である。7 月中には 70,000m³/日に、10 月中には 140,000 m³/日程度に増える見込みである。流入水の水質は、設計水質を下回ることが予想されるので、活性汚泥の管理（MLSS の保持、SRT 管理（汚泥日令の管理））が困難で、利用反応槽の数を減らす等の運転方法の改善が必要になる。

また、下水の流入量及び水質が計画通りに流入しないことが予想される場合、第 2 期の建設工事に反映すべきである。流入下水の BOD 濃度が現状の値で推移する場合には、生物反応槽の運転を抑え、水面積負荷で運転する最初沈殿地・最終沈殿池を増設するなどの工夫も必要である。

② 中継ポンプ場の管理

中継ポンプ場は、処理場から約 3.5km 程度離れ、ポンプ場内での 24 時間体制の監視・制御体制を採用している。

夜間監視業務については、雨天時等の緊急時を除き、処理場から監視し、ポンプ場の無人化が可能である。ポンプ運転等の問題が発生した場合には、処理場から作業員を派遣することで補完する。

処理場から遠方監視するポンプ場の項目を、表 3.1.22 に示す。このような監視システムを構築することで、昼間だけ作業員を配置し監視・制御業務を行い、夜間は自動運転・遠方監視することで、維持管理費用の縮減が可能になる。

表 3.1.22 ビンフンポンプ場の遠方監視項目（案）

項 目	監 視 内 容
流入渠水位計	水位の監視
緊急遮断ゲート	閉操作
ポンプ	運転・故障の監視
ポンプ井の水位計	水位の監視
停電	停電の監視

③ コンポスト化施設の運転

籾殻を利用したコンポスト化設備が設置されているが、籾殻の調達及びその費用と、コンポスト製品の利用が課題である。日本の経験では、コンポスト製品が利用されず、コンポスト化施設の運転を止める事例が多い。

コンポスト化施設の運転には、水分調質材の購入やコンポスト製品の販路が大きく影響する。販路の確保や下水道経営を考慮し、汚泥処理施設の運転計画を検討する必要がある（詳細は、§3.2.2）。

2) ビンフンホア処理場

水質管理・機器の運転・保守などについて、維持管理の問題点は見られない。

維持管理人員の縮減は、可能である。日常業務は植栽管理と警備が主な業務であり、運転、保全、水質分析等の業務を、ビンフン処理場を監視センターとすることで、効率化が可能になる。今後、ビンフン処理場が供用開始すると、2つの処理場を一元的に管理することで、維持管理費用縮減に寄与する。

3.1.4 タンロン工業団地 (Thang Long Industrial Park) 下水処理場

(1) 施設概要

1996年に、ハノイ市の新市街地として北タンロンーバンチー地域 (North Thang Long-Van Tri) を開発する“2020年に向けたハノイ市開発マスタープランの包括改正”が中央政府の承認を経て、日本のODAプロジェクト“ハノイ市社会基盤開発計画”により高速道路のインターチェンジ、新産業道路、上下水道及び電力供給等の社会基盤施設を整備している。



図 3.1.27 タンロン工業団地入口

この新市街地開発の基幹施設として、1997年2月、タンロン工業団地が整備された。開発面積 274ha で、約 85 社の工場が入居し、2009年1月現在、約 4.8 万人の従業員を雇用している。この工業団地の輸出額は、2008年度末基準で約 28.5 億米ドルに上り、ベトナム全体の約 4.6%を占める。

工業団地内では、工業用水を供給する浄水場及び工場排水を処理する下水処理場が設置されている。



図 3.1.28 MBR 反応タンク (全景)

下水処理施設においては、開設当時は長時間エアレーション法の処理施設が設置されたが、2008年に、T-N 基準に対応するため、図 3.1.28 に示す MBR (Membrane Bio Reactor=浸漬型膜分離活性汚泥法) の新しい処理施設を設置し運転している。この処理施設は、工業団地を運営するタンロン工業団地株式会社が工業用水浄水場とともに運転・管理している。

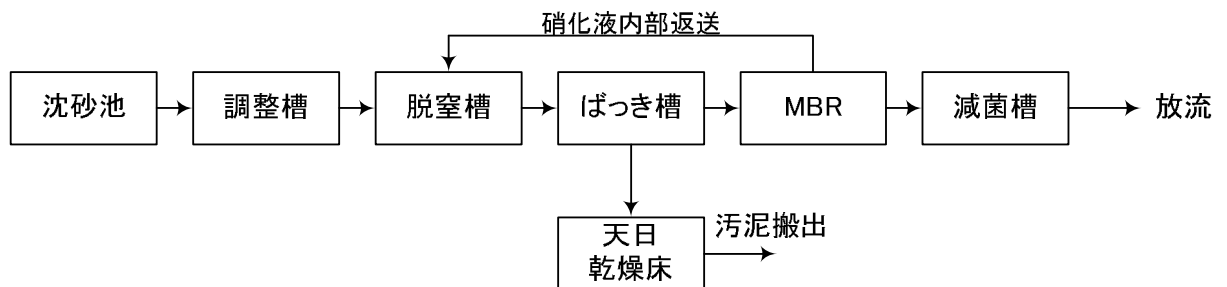


図 3.1.29 タンロン工業団地処理フロー図

表 3.1.23 タンロン工業団地地下水処理場の施設概要

項目	緒元	備考
供用開始年	1997年2月	既存MBRシステムは2008年10月に設置
処理方式	MBR方式	開設時は活性汚泥法、現在は廃止
処理能力	3,000m ³ /日	開設時は7,000m ³ /日、現在4,000m ³ /日は北タンロン処理場で処理
現在流入下水量	2,500m ³ /日	経済状況の悪化で工場の稼働率縮小により減少
維持管理主体	タンロン工業団地株式会社	工業用水供給用の浄水場と一緒に運営中

(2) 施設管理体制

維持管理においては、浄水場と下水処理場を一括管理することで効率化を図っている。日常の維持管理は1人4班3交代体制で行なっている。水質測定は、運転のための水質試験を試験室要員1人が担当し、法定試験等は全て外注している。

定期点検及び小修繕等は、工業団地内の受電施設及び上下水処理施設を統括する運営会社の維持管理部署が担当し、効率的に行なっている。

表 3.1.24 タンロン工業団地維持管理要員構成

区分	人数 (人)	備考
1. 常駐人員		
管理者	1	
維持管理	4	1人4班3交代体制、浄水場も一緒に管理
水質測定	1	法的試験等は外注
合計	6	
2. 支援組織		
一般事務	2	タンロン工業団地株式会社内で浄水場と一緒に担当
保守管理	—	タンロン工業団地株式会社内で浄水場と一緒に担当

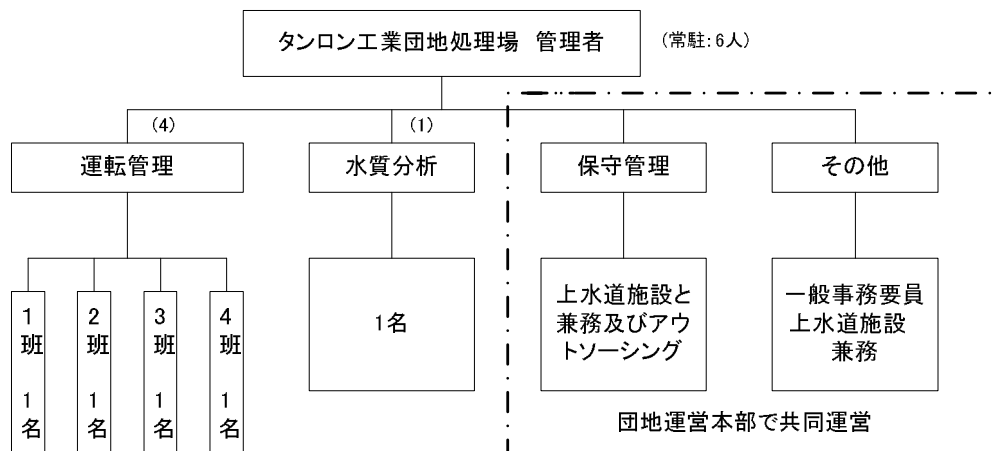


図 3.1.30 タンロン工業団地の維持管理体制

(3) 運転管理状況

流入水質は、表 3.1.25 に示すように、BOD、SS とともに 100mg/L 程度で、設計値の 300、200mg/L を下回っている。工業団地運営会社は工場に排出制限を課し（下水道への排水基準を入居契約条件に定め）ており、流入水の濃度は一定値以内である。

放流水質は、BOD、SS の排水基準値 30mg/L、50mg/L は満足している。生物学的窒素除去プロセスの運転経験が短く、T-N の排水基準 15mg/L の達成に不安があり、運転方案の改善策を模索している状況であった。

表 3.1.25 タンロン工業団地下水処理場の流入水質及び処理水質

区 分		BOD	SS	T-N	備 考
		(mg/L)			
流入原水	設計値	300	200	—	
	現況	100	100	—	
放流水	設計値	30	50	15	放流水質基準CLASS Aに該当
	現況	10以下	20以下	15以下	聴き込み調査結果

MBR 法は省面積型で良好な処理水質が得られるなどの利点が多いが、運転に経験・ノウハウを必要とする。コントラクターの詳細な O/M マニュアルはあるが、供用後 3 ヶ月と運転管理の習熟が不十分で、初期トラブルを経験した。嫌気槽の運転が上手く行なえず、スカム発生が著しく、運転改善に取り組んでいた。

同処理場のユーティリティーの使用量は、以下の通りである。

表 3.1.26 ユーティリティー使用量

種 類	用 途	使用量	調達単価	調達期間	備 考
電気	運 転	1,000kWh/日	0.27US\$/kwh		基本料金を含む平均料金
次亜塩素酸ナトリウム	処理水消毒	134L/日	3,000VND/L	3日以内	10%、国内調達
消耗品(国産)	維持管理	不明	—	1週間以内	国内調達
消耗品(外国産)	維持管理	不明	—	1ヶ月以内	国内代理店調達

3.1.5 放流水の排水基準

放流水の排水基準を次表に示す。適用される排水基準値は、次式に放流先河川の水量または湖沼の容量と放流水の水量を勘案して規定される。

$$C_{\max} = C \times K_q \times K_f$$

C_{\max} : 放流水の基準値

C : TCVN 5945:2005 で規定する物質濃度

K_q : 放流先水域の受容係数

K_f : 放流量係数

表 3.1.27 放流水の排水基準 (TCVN 5945-2005)

放流水の基準値 C 値 (Table 1)

	Parameter	Unit	Limitation		
			A	B	C
1	Temperature	°C	40	40	45
2	pH	-	6 - 9	5.5 - 9	5 - 9
3	Odor	-			
4	Color	-	20	50	-
5	BOD ₅	mg/l	30	50	100
6	COD	mg/l	50	80	400
7	Suspended solids	mg/l	50	100	200
8	Arsenic	mg/l	0.05	0.1	0.5
9	Mercury	mg/l	0.005	0.01	0.5
10	Lead	mg/l	0.1	0.5	1.0
11	Cadmium	mg/l	0.005	0.01	0.5
12	Chromium (VI)	mg/l	0.05	0.1	0.5
13	Chromium (III)	mg/l	0.2	1	2
14	Copper	mg/l	2	2	5
15	Zinc	mg/l	3	3	5
16	Nickel	mg/l	0.2	0.5	2
17	Manganese	mg/l	0.5	1	5
18	Iron	mg/l	1	5	10
19	Tin	mg/l	0.2	1	5
20	Cyanide	mg/l	0.07	0.10	0.20
21	Phenol	mg/l	0.1	0.5	1
22	Mineral oil and grease	mg/l	5	5	10
23	Animal-vegetable fat and oil	mg/l	10	20	30
24	Residual chlorine	mg/l	1	2	-
25	PCBs	mg/l	0.003	0.01	-
26	Organic phosphorous	mg/l	0.3	1	-
27	Organic Chloride	mg/l	0.1	0.1	-
28	Sulfide	mg/l	0.2	0.5	1
29	Fluoride	mg/l	5	10	15
30	Chlorine	mg/l	500	600	1000
31	Ammonia (as N)	mg/l	5	10	15
32	Total nitrogen	mg/l	15	30	60
33	Total phosphorous	mg/l	4	6	8
34	Coliform	MPN/100m	3000	5000	-
35	Bioassay	-	90 % fish can stay alive in water for 96 hours		
36	Gross α activity	Bq/l	0.1	0.1	-
37	Gross β activity	Bq/l	1.0	1.0	-

Class A: 上水道水源に供する水域

Class B: 航行・灌漑または水浴、水産等に供する水域

Class C: 所管庁により許可される特定の水域

河川放流に適用される K_q 値 (Table 1B)

Stream flow of river receiving waste water Unit: m^3/s	K_q coefficient value
$Q < 50$	0.9
$50 < Q < 200$	1
$Q > 200$	1.1

湖沼放流に適用される K_q 値 (Table 2B)

Lake capacity receiving waste water Unit: $10^6 m^3$	K_q coefficient's value
$V < 10$	0.6
$10 < V < 100$	0.8
$V > 100$	1.0

放流量に適用される K_f 値 (Table 3B)

Waste water flow Unit: $m^3/24h$	K_f coefficient value
$F < 50$	1.2
$50 < F < 500$	1.1
$500 < F < 5000$	1.0
$F > 5000$	0.9

3.1.6 家計支出調査

調査対象としたベトナム国ハノイ市及びホーチミン市における下水道料金に対するアフオーダビリティを把握するため、戸別訪問によるインタビュー調査を実施した。調査対象地域の選定に際し、ハノイ市下水排水PMB及びホーチミン市都市排水公社（UDC）との協議を通じて下表に示す地域を選定し、各地域の人民委員会から調査の了承を得た。調査の概要について下表に示す。

表 3.1.28 社会調査実施概要

都 市 名	ハノイ市	ホーチミン市
調 査 期 間	2009年3月2日～3月6日（5日間）	2009年2月23日～2月27日（5日間）
対 象 地 域	Tan Mai Ward, Hoang Mai District	Ward No. 5, Go Vap District
調 査 実 施 体 制	現地社会調査専門家： 1名 現地傭人： 1名 による各戸聞き取り調査	現地社会調査専門家： 1名 現地傭人： 1名 による各戸聞き取り調査
サ ン プ ル 数	15 サンプル	15 サンプル
有 効 回 答 数	15 通（100%回収）	15 通（100%回収）

当初の調査計画のとおり、ハノイ市及びホーチミン市の各調査対象地域において、低・中・高所得者層より各5サンプルを抽出した。各所得階層の選別については、2008年に実施されたハノイ市既存調査を参照し下表のとおり設定した。

表 3.1.29 社会調査対象所得階層

所得階層	月間世帯収入	割合 (ハノイ既存調査)
低所得層（L）	2百万 VND/月以下	28%
中所得層（M）	2百万 VND/月超、5百万 VND/月以下	38%
高所得層（H）	5百万 VND/月超	34%

ハノイ調査では2006年にベトナム国家統計局により実施された「Vietnam Household Living Standards Survey (VHLSS) in 2006」の結果（関連資料を資料編に添付）を元に5段階に分類しており、本調査ではこれらを取りまとめて上表に示す低、中、高所得層に分類した。

調査は11種類の家計支出費目に係る毎月の支出額と、下水道料金への支払意思額についてインタビュー形式で聞き取る形式で実施した。次表に聞き取り調査の結果について取りまとめた。

表 3.1.30 社会調査実施概要

Income Level		Result of Hearing Survey (Unit: VND)												
		Monthly HH Income	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Willingness to Pay
			Basic Foodstuffs	Housing and Household	Fuels and Transportatio	Public Service (Ele	Non-consumables	Alchol, Tobbaco, etc	Clothing and Foot Ware	Education	Health	Recreation and Culture	Others	
Low	Max	2,300,000	1,500,000	0	300,000	540,000	0	100,000	40,000	800,000	300,000	0	320,000	6,000
	Min	600,000	300,000	0	0	40,000	0	0	0	0	0	0	0	0
	Average	1,540,000	955,000	0	66,000	167,500	0	12,000	10,500	150,000	78,000	0	134,000	1,900
Middle	Max	4,900,000	2,500,000	0	760,000	700,000	100,000	450,000	150,000	1,200,000	300,000	150,000	1,270,000	30,000
	Min	3,000,000	1,200,000	0	100,000	90,000	0	0	0	0	0	0	0	0
	Average	3,570,000	1,790,000	0	416,000	369,000	10,000	110,000	41,000	404,000	86,000	15,000	244,500	7,800
High	Max	10,000,000	4,000,000	500,000	1,000,000	2,500,000	100,000	1,000,000	500,000	2,000,000	2,000,000	500,000	3,040,000	60,000
	Min	5,800,000	2,000,000	0	120,000	190,000	0	0	0	0	50,000	0	90,000	4,000
	Average	7,480,000	3,250,000	85,000	507,000	633,000	12,000	330,000	180,000	645,000	336,000	150,000	1,141,500	13,800

各階層の調査結果の平均値について、家計に占める割合を次図にバーチャートで示す。

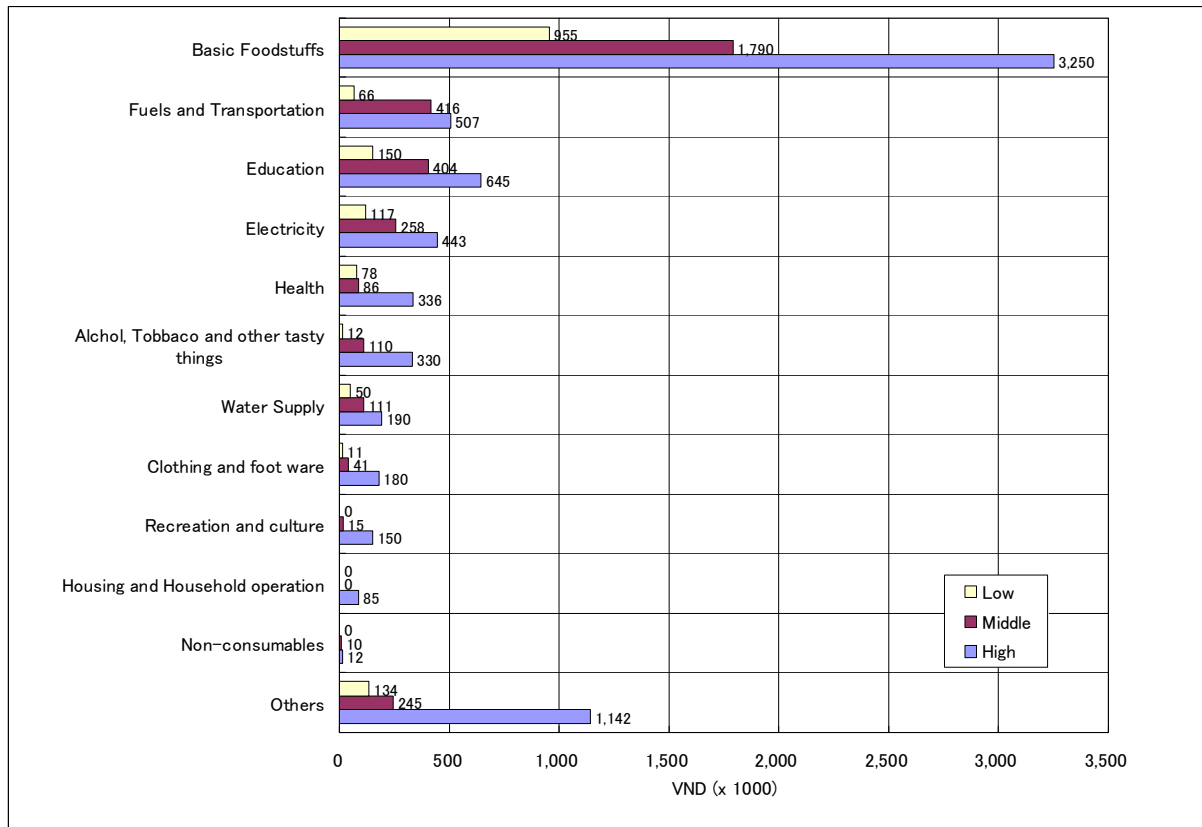


図 3.1.31 社会条件調査結果概要

調査結果の全体的な傾向として以下が明らかとなった。

- ① 全ての階層においても食費が家計の半分を占めており、所得が下がるにつれてその割合は大きくなる。
- ② 公共料金（電気・水道）が家計の約 1 割を占めるが、その 7 割は電気代である。従い、水道代金の家計に占める割合は 3%程度となる（バーチャートでは分割して表示した）。
- ③ 嗜好品、消費財への家計割合は所得の向上に応じて増加するものの、一般的には 5%未満と推察される。

- ④ 教育費については全ての階層において家計の約 1 割を占めており、主要な支出項目の一つとなっている。
- ⑤ その他の支出項目が家計の 10%前後となったが、ヒアリング調査において回答者への説明不足により生じたものと推察される。
- ⑥ 下水道料金支払意思額に係るヒアリングの結果、全ての階層において家計の 0.1～0.2%程度の回答を得た。また、生活用水を個人井戸で賄っている世帯においては、支払意思が無い結果となった。結果を下図に示す。

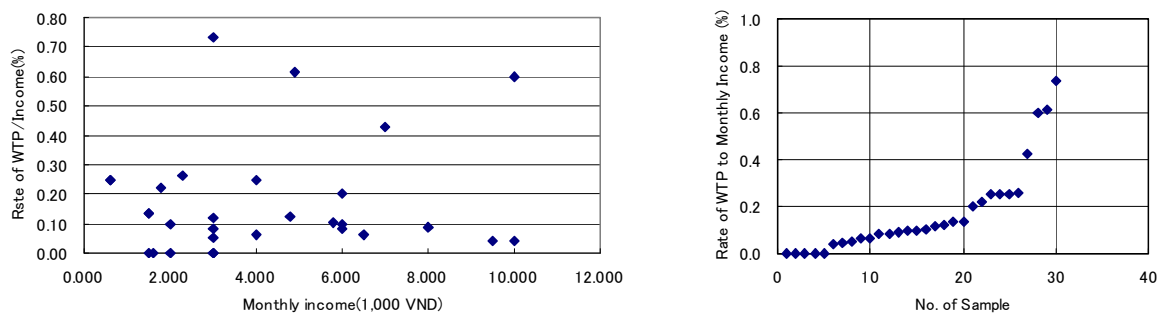


図 3.1.32 下水道料金支払意思額調査結果

以上の結果より、アフォーダビリティについて次のように考察する。現在、ベトナムでは下水道維持管理の名目で環境税として水道料金の約 10%が同料金に上乗せされて徴収されている。これを踏まえると、今回調査した世帯において環境税相当の家計に占める割合は約 0.3%となる。1994年に世界銀行によるプロジェクトアプレイザルマニュアル（案）によれば、公衆衛生のベンチマークとして可処分所得の 1%が提案されている。現状に対し更に 0.7%の支出を下水道料金として振り分けることが可能となれば、前述のベンチマークに到達させることが可能となる。

これに比べ住民の有する支払意思額は概ね家計の 0.1～0.2%程度に過ぎず、現在の環境税を下回るレベルにしかない。ただし、一部の住民においては支払い意思額について家計の 0.6～0.8%の回答（サンプル世帯の約 1 割）が得られており、住民意識の底上げにより全体的な支払意思額の向上を期待することが可能である。

下水道サービスの拡大、下水道広報活動および住民啓発活動など、ベトナム行政側関係機関のより積極的な活動が必要とされていることが明らかとなった。

3.2 ベトナムにおける維持管理・経営計画の提案

3.2.1 統合遠方監視・制御システム導入

(1) 統合遠方監視・制御システム導入の考え方

ハノイ市では、現在3箇所（キムリエン・チュックバック・北タンロン）の下水処理場が運転中であり、さらに4箇所の下水処理場が新設される予定となっている。現在運転中である各施設の人員配置を見ると、次表3.2.1に示すように多くの運転要員が配置されており、処理容量を考慮した改善が必要であると判断される。

維持管理人員縮減策として考えられるのが、一箇所の施設で他の処理施設を遠方監視することにより、夜間の維持管理人員を減らすことである。このような遠方監視システムを構築するためには、緊急時の支援組織が必要であるが、HSDCは既に支援組織が整備されていることから、運用には問題が無いと判断される。

各施設の設備を見ると、キムリエン及びチュックバック下水処理場は、殆どの設備が現場での手動運転が基本になっており、北タンロン処理場も主要機器以外は現場運転（一部自動運転可能）になっている。特に、キムリエン及びチュックバック処理場はパイロットプラントという性格もあり、中央監視・制御装置は設置されておらず、殆どの設備が現場作業要員による手動操作で運転されている。

このような現状を踏まえ、全ての施設が2005年に供用開始されてそれほど時間が経っていないことを考慮し、各施設の改修は行なわず、監視対象になる機器の状態等の信号を拾い統合監視できるシステムを構築することが有効である。

表 3.2.1 ハノイ市下水処理場の維持管理人員配置状況

区 分	北タンロン	キムリエン	チュクバック1)	支援組織2)	合 計
管理者	1	1	1		3
維持管理	28	20	20		68
保守管理				5	5
水質分析	1	0	0	5	6
その他				15	15
合 計	30	21	21	25	97

1) チュクバック処理場の維持管理人員の資料がない為、同規模施設のキムリエンと同じ人数と推定

2) 支援組織とはHSDC本社内組織

また、汚泥処理については、脱水機の運転における汚泥引き抜き作業を見直し、昼間運転のみ行い、夜間運転は行なわない体制を作ること、維持管理人員の縮減を図ることを提案する。

上述したことを踏まえて、現在稼動中である施設の統合遠方監視・制御システムの主な内容は次のようになる。

- ・ 制御：北タンロン下水処理場の主ポンプ及び流入ゲート
- ・ 監視：各施設の主要機器運転状態と故障

- ・ 放流水質監視：放流先に UV 計を設置し、放流水の SS を監視

既存 3 処理施設の統合監視を考えた場合には、中核となる監視センターは施設の規模等を考慮し、北タンロン下水処理場に設置するのが理想的であり(図 3.2.6 参照)、監視モニターはインターネットを使い、何処にでも監視できるようにすることが望まれる。今回は、主に中核となる北タンロン監視センターと、HSDC 本社での監視を想定した。今後、新設される処理場も統合監視・制御システムに編入させることで、維持管理要員の縮減が可能であると判断される。また、類似施設であるポンプ場及び浄水場等の監視も一括で行う共同監視システムの構築も可能である。

今回提案する既存 3 処理場の統合監視・制御の詳細は次のようになる。

- ・ キムリエン・チュックバック処理場 (資料 3.1 参照)
 - － 中継ポンプ場を含む遠方監視システムを構築
 - － 施設異常監視及び既設計装信号のデータ収集機能
 - － 主要機器の運転状況及び異常警報
 - － 処理場内に警報監視用のモニター設置
- ・ 北タンロン下水処理場 (資料 3.2 参照)
 - － 現状の主要監視項目、既設計装信号のデータ収集機能と同等
 - － 汚泥脱水機の運転状況及び異常警報
 - － 流入ゲートと揚水ポンプの制御



図 3.2.1 ハノイ市下水処理施設統合監視システムの構想図

下図に統合遠方監視システム構成図を示す。

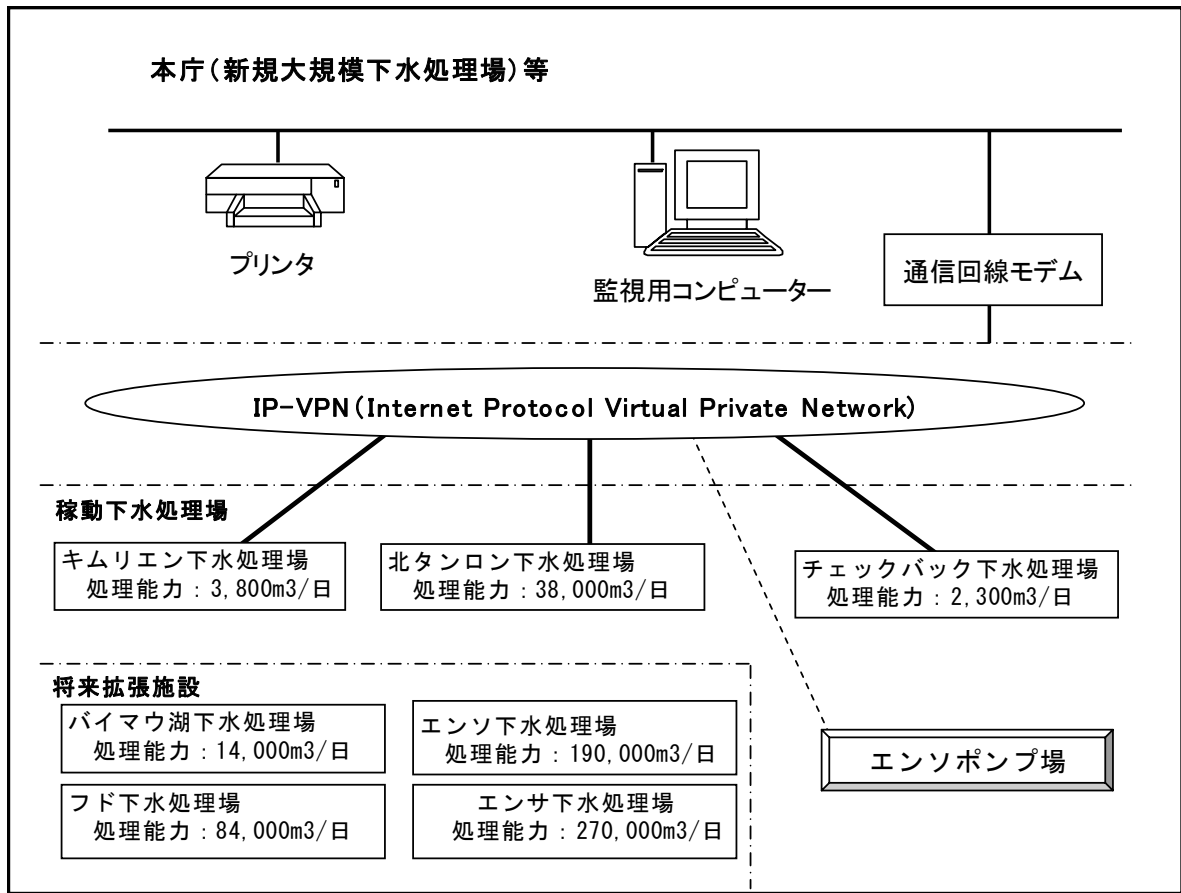


図 3.2.2 ハノイ下水処理場の遠方監視システム構成図（案）

遠方監視システムの設置に必要なとなる費用は、約 1.65 億円で、次表 3.2.2 に内訳を示す。

表 3.2.2 既存 3 処理場の統合遠方監視システム導入費用

項 目	費用（円）
中央監視装置費	4,000,000
監視制御ソフトウェア費	20,000,000
キムリエン下水処理場機器費	22,500,000
キムリエン中継ポンプ場機器費	9,000,000
チュックバック下水処理場機器費 ¹⁾	22,500,000
北タンロン下水処理場機器費	32,500,000
設置工事費	27,300,000
一般管理費	27,500,000
合 計	165,300,000

1) チュックバック処理場の中継ポンプ場の有無確認できず、試算なし
 2) 監督者の宿泊費、交通費、滞在費は含まれていない

(2) 統合遠方監視・制御システム導入による効果

遠方監視システムを導入した後の、HSDC における 3 処理場の維持管理体制を、次図 3.2.3 に示す。

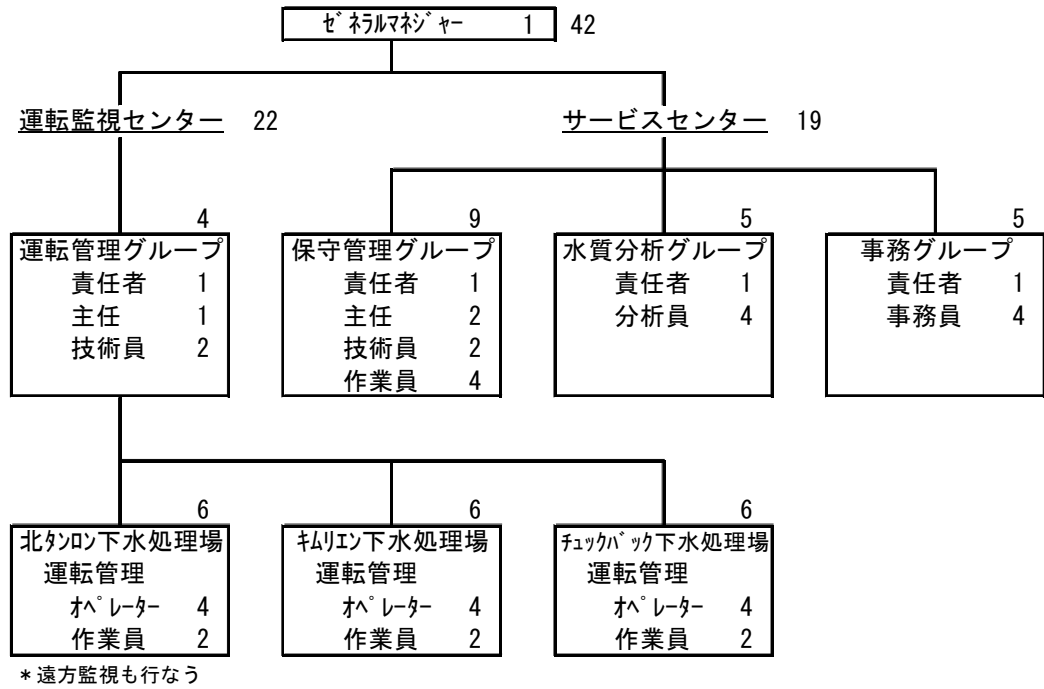


図 3.2.3 ハノイ下水処理場の維持管理体制図(案)

処理場運営を総合的に管理するゼネラルマネジャー及び運転・保守・水質・事務の責任者等を HSDC 本部内に置き、巡回管理方式により維持管理を行う。処理場の運転管理については、運転管理グループの責任者が統括する。

北タンロン・キムリエン・チュックバック下水処理場の運転管理体制は、24 時間 1 名による管理体制 (1 名×4 班) とし、各施設の運転管理員を 4 名とする。さらに、昼間時間帯に脱水設備の運転や各種作業を行う作業員を 2 名配置する。各施設の点検・修繕等は本社の保守チームが行い、水質分析も本社の分析チームが一括して行なう。

表 3.2.3 に統合監視・制御システム導入による人件費縮減効果を示す。システムの耐用年数を 10 年とした場合、10 年間の人件費縮減効果は約 13,147 百万 VND になると試算される。

この統合監視システムだけでなく、更に設備台帳システムを導入すると、設備の履歴管理及び消耗品、薬品等の在庫管理が可能になる。計画的な修繕及び調達が可能となり、修繕・調達費用の縮減効果は大きい。

表 3.2.3 統合遠方監視システム導入による人件費縮減効果

区 分	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	合計
導入費用 ¹⁾ (百万VND)	28,928										28,928
人件費縮減分 (百万VND/年)	2,640	2,904	3,194	3,514	3,865	4,252	4,677	5,145	5,659	6,225	42,075
導入の経済的効果 (人件費縮減費用－導入費用)											13,147

1) 円対VNDの為替レートは1円：175VNDで計算

2) 人件費は平均4,000,000VND/1人・月(直接+間接、2008年基準)で計算、人件費上昇率は年間10%で計算

3.2.2 維持管理計画の策定 (ビンフン処理場)

(1) ビンフン処理場の維持管理計画

1) 維持管理計画作成条件

ビンフン下水処理場は、141,000m³/日の処理容量を有するが、現在は30,000m³/日の流入水量に留まっている。2009年7月中には70,000m³/日に増加する見込みであることを前提に、次表のように9つの条件に分けて維持管理計画を作成し、維持管理費用等の検討を行なう。(表3.2.4参照)

検討条件としては、流入水量を70,000m³/日、141,000m³/日と、将来拡張された時の469,000m³/日の3条件に分ける。流入水質は、現在設計値に対して50%程度の濃度で流入されることを考慮し、設計値の50%、75%及び100%の3つの条件に分ける。

運転方法については、流入水量70,000m³/日に対しては1系列の5池の反応槽だけを運転、141,000m³/日に対しては2系列の10池の反応槽で運転し、469,000m³/日が流入する時は30池の反応槽を使うことで検討した。

汚泥処分については、設計通り141,000m³/日までは発生汚泥を全量コンポストにすることで検討し、469,000m³/日の時は、コンポスト施設を増設しないと仮定した上で、残量は脱水ケーキとして搬出することで検討した。

表 3.2.4 維持管理計画作成の各条件

条 件	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
流入水量 (m ³ /日)	70,000	70,000	70,000	141,000	141,000	141,000	469,000	469,000	469,000
流入水質 ¹⁾ (設計対比)	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1
運転方法	モディファイドエアレーション								
使用系列数	1系列(反応槽5池)			2系列(反応槽10池)			6系列(反応槽30池)		
汚泥処分	全量コンポスト						コンポスト+脱水ケーキ		

1) 設計濃度はBOD、SS共に163mg/L

維持管理組織の職務分担及び組織図を、次表 3.2.5 及び図 3.2.4 に示す。

既存のコンポスト施設を使ってコンポスト化を行なう場合と、コンポスト化を行わず、脱水ケーキのまま搬出する場合の経済性の比較も行なった。

表 3.2.5 業務担当別職務内容

担 当	職 務 内 容
総括責任者	業務の総括
副総括責任者	総括責任者の補助業務
庶務	調達及び一般事務処理
運転管理業務	水処理運転・監視、水質分析及びポンプ場運転管理
保守・点検業務	前施設の点検及び修繕等
脱水・コンポスト施設運転管理	脱水機及びコンポスト施設運転
警備・環境整備	警備業務、環境整備は外注を想定

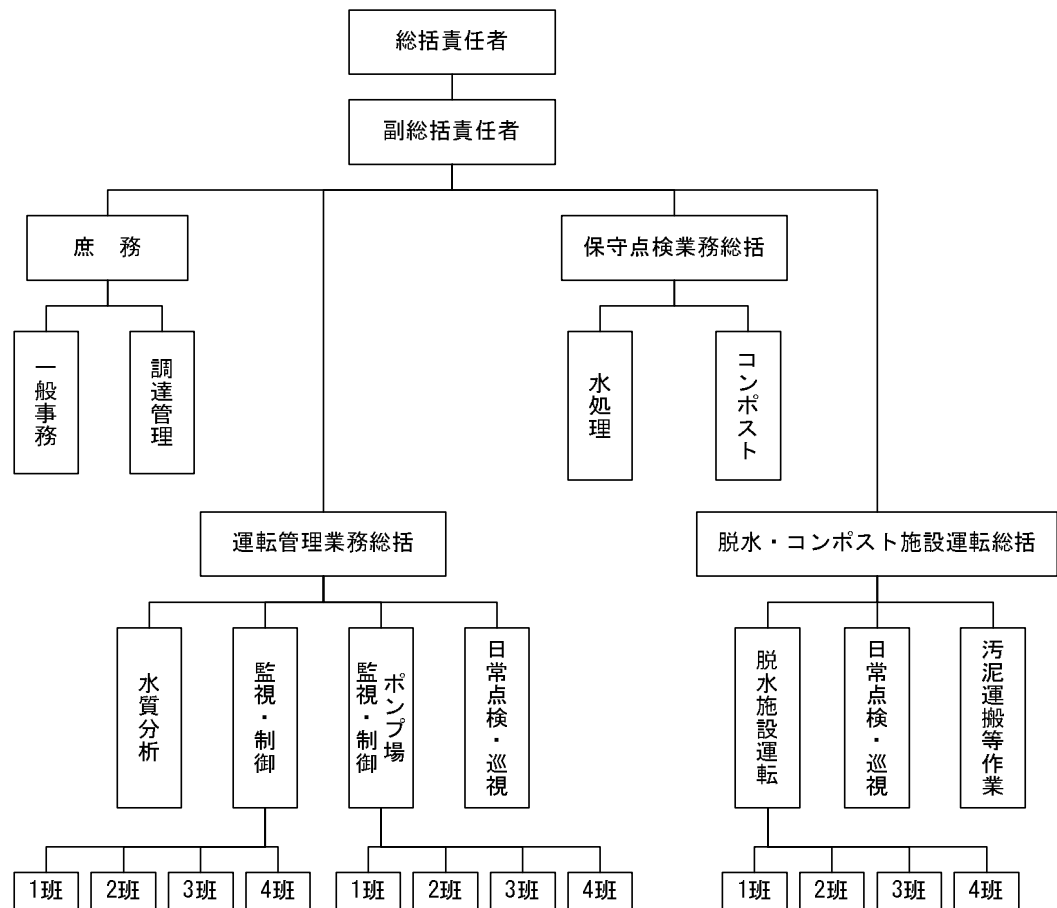


図 3.2.4 管理組織構想図

2) 維持管理要員の算定

図 3.2.4 に示す組織を効率的に運用するために、

- ・ ポンプ場の監視画面を処理場でも見られるようにし、処理場でも監視を行ない、ポンプ場の人員を縮減する（約 1 千万円の施設改良費が必要）。
- ・ 保守・点検業務は施設毎に分けず、全施設を一括して行なう組織を構築する。
- ・ 単純業務である環境整備業務は、外注することで常駐人員を縮減する。
- ・ 運転監視用の水質試験は行なうが、法定分析は外注する。
- ・ 全施設の運転監視は、中央監視の一箇所ですべて監視する。

等の考え方を盛り込み、維持管理に必要な人員を算定した（表 3.2.6）。

この表には、外注による業務に関する人員を示していないため、その人員の人件費等は維持管理費用で算出する。

表に示すように、維持管理要員はそれぞれの条件で、40 人～67 人までと想定した。

なお、発注者の要望事項等がある場合には、多少の増加が必要である。

表 3.2.6 各条件別維持管理要員数

番号	業務内容	職種	条件 I,II,III		条件 IV,V,VI		条件 VII,VIII,IX	
			人数	小計	人数	小計	人数	小計
1	総括責任者	下水処理	1	1	1	1	1	1
2	副総括責任者	機械	1	1	1	1	1	1
3	庶務	一般	1	2	1	2	2	4
		調達管理	1		1		2	
4	運転管理業務	総括	1	16	1	17	1	21
		水質分析	2		2		4	
		監視制御	8		8		8	
		ポンプ場監視制御	4		4		4	
		日常点検・巡視	1		2		4	
5	保守点検業務	総括	1	5	1	7	1	14
		水処理	4		6		13	
		脱水・コンポスト						
6	脱水・コンポスト施設 運転管理	総括	1	13	1	20	1	21
		脱水施設運転	5		8		8	
		日常点検・巡視	1		1		2	
		汚泥運搬作業等	6		10		10	
7	警備	総括	1	5	1	5	1	5
		警備	4		4		4	
合計			-	43	-	53	-	67

(2) ビンフン処理場の維持管理費用算出

1) 維持管理費用の算出

①ユーティリティ使用量

各条件別ユーティリティの年間使用量を、表 3.2.7 に示す。

表 3.2.7 各条件別ユーティリティ使用量

区 分		条件1	条件2	条件3	条件4	条件5	
1	年間電気使用量	ポンプ場(kWh)	1,280,000	1,280,000	1,280,000	2,460,000	2,460,000
		処理場(kWh)	7,010,000	7,440,000	7,770,000	9,400,000	9,830,000
2	年間薬品等使用量	10%次亜塩素酸ナトリウム(L) ¹⁾	425,900	425,900	425,900	857,800	857,800
		凝集剤(kg) ²⁾	54,900	89,700	124,600	110,500	180,700
		もみ殻(m ³) ³⁾	8,400	13,800	19,200	16,800	27,700
		燃料(L)	18,200	29,900	41,700	36,500	60,200
区 分		条件6	条件7	条件8	条件9		
1	年間電気使用量	ポンプ場(kWh)	2,460,000	8,540,000	8,540,000	8,540,000	
		処理場(kWh)	10,750,000	24,730,000	28,540,000	32,310,000	
2	年間薬品等使用量	10%次亜塩素酸ナトリウム(L) ¹⁾	857,800	2,853,100	2,853,100	2,853,100	
		凝集剤(kg) ²⁾	251,000	367,300	601,000	834,700	
		もみ殻(m ³) ³⁾	38,600	38,600	38,600	38,600	
		燃料(L)	83,900	83,900	83,900	83,900	

1) 次亜塩素酸ナトリウムの転嫁率は2.0mg/Lで計算

2) 凝集剤の転嫁率は1%で計算

3) 粉殻の投入率は発生汚泥重量の22%

また、上条件別費用を試算結果を、次表に示す。

表 3.2.8 各条件別ユーティリティ費用

区 分		条件1	条件2	条件3	条件4	条件5	
1	年間電気代(百万VND/年) ¹⁾	1,152	1,152	1,152	2,214	2,214	
2	年間薬品費等	10%次亜塩素酸ナトリウム(L) ²⁾	1,508	1,508	1,508	3,037	3,037
		凝集剤(kg) ³⁾	5,929	9,688	13,457	11,934	19,516
		もみ殻(m ³) ⁴⁾	3,917	6,435	8,953	7,834	12,917
		燃料(L) ⁵⁾	200	329	459	402	662
	小 計	11,554	17,959	24,377	23,206	36,132	
合 計		12,706	19,111	25,529	25,420	38,346	
区 分		条件6	条件7	条件8	条件9		
1	年間電気代(百万VND/年) ¹⁾	2,214	7,686	7,686	7,686		
2	年間薬品費等	10%次亜塩素酸ナトリウム(L) ²⁾	3,037	10,100	10,100	10,100	
		凝集剤(kg) ³⁾	27,108	39,668	64,908	90,148	
		もみ殻(m ³) ⁴⁾	18,000	18,000	18,000	18,000	
		燃料(L) ⁵⁾	923	923	923	923	
	小 計	49,068	68,691	93,931	119,170		
合 計		51,282	76,377	101,617	126,856		

1)電気料金の単価は900VND/kWh で試算。根拠は2008年1月JETROのホーチミン市物価情報から産業用電気料金

2)塩素単価は現地調査費用で3,540VND/Lを適用

3)凝集剤単価は日本ヘルス供給時の単価108,000VND/kgを適用

4) 粉殻は現地聞き込み単価466,321VND/m3を適用

5) 燃料単価は現地調査価額11,000VND/Lを適用

②汚泥発生量及び処分費用

各条件別コンポスト汚泥及び脱水汚泥の年間発生量を、下表 3.2.9 に示す。

表 3.2.9 各条件別コンポスト汚泥及び脱水汚泥の年間発生量

区 分		条件1	条件2	条件3	条件4	条件5
汚泥発生量(コンポスト+脱水ケーキ)	コンポスト(m ³ /日)	45	75	104	91	150
	余剰脱水ケーキ(t/日)	0	0	0	0	0
	搬出量(m ³ /年)	16,600	27,300	38,000	33,300	55,000
区 分		条件6	条件7	条件8	条件9	
汚泥発生量(コンポスト+脱水ケーキ)	コンポスト(m ³ /日)	210	210	210	210	
	余剰脱水ケーキ(t/日)	1	34	124	214	
	搬出量(m ³ /年)	76,600	88,900	121,900	154,800	

製造したコンポストを、最悪のケースとして全量廃棄処分すると仮定し、試算結果を、次表 3.2.10 に示す。

表 3.2.10 各条件別汚泥処分費用

区 分	条件1	条件2	条件3	条件4	条件5
汚泥処分費(百万VND/年) ¹⁾	8,300	13,650	19,000	16,650	27,500
区 分	条件6	条件7	条件8	条件9	
汚泥処分費(百万VND/年) ¹⁾	38,300	44,450	60,950	77,400	

1)汚泥処分費用は埋め立て料金で、ハノイ市の単価である500,000VND/m³を適用

コンポスト化を行わずに脱水汚泥として処分するケースの、コンポスト化との汚泥発生量の比較を、次表 3.2.11 に示す。この表から、汚泥発生量は生汚泥で搬出する場合は、条件Ⅷ、Ⅸを除くとほぼ半分になり、その処分費用も安くなることが分かる。

表 3.2.11 各条件別コンポスト実施及び未実施の場合の汚泥発生量及び処分費用

区 分	汚泥発生量(千m ³ /年)			処分費 ¹⁾ (百万VND/年)	区 分	汚泥発生量(千m ³ /年)			処分費 (百万VND/年)	
	生汚泥	コンポスト	小計			生汚泥	コンポスト	小計		
条件Ⅰ	①	0.0	16.6	16.6	条件Ⅶ	①	0.0	76.6	76.6	38,300
	②	8.4	0.0	8.4		②	38.6	0.0	38.6	19,300
条件Ⅱ	①	0.0	27.3	27.3	条件Ⅷ	①	12.4	76.6	89.0	44,476
	②	13.8	0.0	13.8		②	55.8	0.0	55.8	27,900
条件Ⅲ	①	0.0	38.0	38.0	条件Ⅷ	①	45.3	76.6	121.9	60,947
	②	19.2	0.0	19.2		②	92.1	0.0	92.1	46,050
条件Ⅳ	①	0.0	33.3	33.3	条件Ⅸ	①	78.2	76.6	154.8	77,417
	②	16.8	0.0	16.8		②	128.3	0.0	128.3	64,150
条件Ⅴ	①	0.0	55.0	55.0						
	②	27.7	0.0	27.7						

1) 処分費は埋立基準で500,000VND/m³で試算

2) ①はコンポスト実施の場合、②は生汚泥だけの搬出の場合

③年間消耗品費及び修繕費用

20年間の年間消耗品費平均を次表 3.2.12 に示す。

表 3.2.12 年間消耗品費

区 分	条件1	条件2	条件3	条件4	条件5
消耗品費(百万VND/年)	2,310	2,310	2,310	3,300	3,300
区 分	条件6	条件7	条件8	条件9	
消耗品費(百万VND/年)	3,300	9,900	9,900	9,900	

1)消耗品費は機器耐用年数20年間の平均費用

20年間の年間修繕費平均を次表 3.2.13 に示す。

表 3.2.13 年間修繕費

区 分	条件1	条件2	条件3	条件4	条件5
修繕費(百万VND/年)	9,660	9,660	9,660	13,800	13,800
区 分	条件6	条件7	条件8	条件9	
修繕費(百万VND/年)	13,800	41,400	41,400	41,400	

1)修繕費は機器耐用年数20年間の平均費用

④技術移転費用及び維持管理人件費

水処理法はモディファイドエアレーション法であり、水理的滞留時間が短いので、運転は標準活性汚泥法より難しい。汚泥処理は、遠心脱水に加えてコンポスト設備が設置されており、当分の間は日本等の専門技術者による技術指導が必要である。技術移転のための費用を、次表 3.2.14 に示す。また、民間企業に委託する場合も同等の技術費用が発生する。

表 3.2.14 年間技術移転費用

区 分	人数(人)	単価(百万VND/年)	総費用(百万VND/年)
専門家	5	5,400	27,000
通訳	3	540	1,620
合 計			28,620

人件費については、総括責任者、副総括責任者と運転管理業務、保守点検業務及び汚泥処理の各部分の総括を専門家とし、それ以外の人員については現地の技術者を採用することで算出した。

なお、人件費は直接人件費に間接人件費を加算したものであり、現地でのヒアリングを基に算定した。

これらの条件で算定した人件費を、表 3.2.15 に示す。

表 3.2.15 各条件別人件費

番号	業務内容	職 種	条件Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ			条件Ⅳ,Ⅴ,Ⅵ			条件Ⅶ,Ⅷ,Ⅸ		
			人数	人件費(百万VND/年)		人数	人件費(百万VND/年)		人数	人件費(百万VND/年)	
			(人)	単価	小計	(人)	単価	小計	(人)	単価	小計
1	総括責任者	下水処理	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400
2	副総括責任者	機械	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400
3	庶務	一般(総括)	1	108	108	1	108	108	2	108	216
		調達管理	1	54	54	1	54	54	2	54	108
4	運転管理業務	総括	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400
		水質分析	2	54	108	2	54	108	4	54	216
		監視制御	8	54	432	8	54	432	8	54	432
		ポンプ場監視制御	4	54	216	4	54	216	4	54	216
		日常点検・巡視	1	54	54	2	54	108	4	54	216
5	保守点検業務	総括	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400
		水処理	2	54	108	4	54	216	8	54	432
		脱水・コンポスト	2	54	108	2	54	108	5	54	270
6	脱水・コンポスト施設 運転管理	総括	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400	1	5,400	5,400
		脱水施設運転	5	54	270	8	54	432	8	54	432
		日常点検・巡視	1	54	54	1	54	54	2	54	108
		汚泥運搬作業等	6	54	324	10	54	540	10	54	540
7	警備	総括	1	54	54	1	54	54	1	54	54
		警備	4	36	144	4	36	144	4	36	144
8	通訳	通訳	3	540	1,620	3	540	1,620	3	540	1,620
合 計			46	-	30,654	56	-	31,194	70	-	32,004

⑤環境整備業務

環境整備業務の主な仕事は、各建物の清掃及び植栽である。環境整備人員については外注を前提としており、その費用は次表に示す。

表 3.2.16 清掃及び植栽業務費用

番号	業務内容	職 種	条件Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ			条件Ⅳ,Ⅴ,Ⅵ			条件Ⅶ,Ⅷ,Ⅸ		
			人数	人件費(百万VND/年)		人数	人件費(百万VND/年)		人数	人件費(百万VND/年)	
			(人)	単価	小計	(人)	単価	小計	(人)	単価	小計
1	総括	業務総括	1	54.0	54.0	1	54.0	54.0	1	54.0	54.0
2	清掃	建物清掃	6	27.0	162.0	10	27.0	270.0	15	27.0	405.0
3	植栽	植栽	6	27.0	162.0	10	27.0	270.0	15	27.0	405.0
合 計			13	-	378.0	21	-	594.0	31	-	864.0

2) 各条件別年間維持管理費用

上述した各費用を総括した年間維持管理費用を、次表 3.2.17 に示す。この試算結果は、維持管理技術を有する専門企業に委託する前提での費用である。さらに将来施設拡張した時の維持管理費用である条件Ⅳ～Ⅸは、現時点での費用のため、物価上昇率等を考慮していない。また、汚泥処理においては、コンポスト化を行なう場合と生汚泥で搬出をした場合に分けて示す。

表 3.2.17 年間維持管理費用

(単位：百万VND/年)

項目	人件費	汚泥処分費	電気代	薬品費	消耗品費	修繕費	清掃、植栽	直接業務費計	共通仮設費	純業務費	現場管理費	業務原価	一般管理費	維持管理費用合計	
	a	b	c	d	e	f	g	(a~g) h	(h×0.1) i	(h+i) i	(j×0.1) k	(j+k) l	(l×0.1) m	(l+m)	
条件Ⅰ	①	30,654.0	8,300.0	7,848.0	11,554.2	2,772.0	11,592.0	378.0	73,098.2	7,309.8	80,408.0	8,040.8	88,448.8	8,844.9	97,293.7
	②	30,654.0	4,200.0	7,289.8	7,637.1	2,772.0	11,592.0	378.0	64,522.9	6,452.3	70,975.2	7,097.5	78,072.7	7,807.3	85,880.0
条件Ⅱ	①	30,654.0	13,650.0	7,848.0	17,959.4	2,772.0	11,592.0	378.0	84,853.4	8,485.3	93,338.8	9,333.9	102,672.6	10,267.3	112,939.9
	②	30,654.0	6,900.0	7,195.2	11,524.2	2,772.0	11,592.0	378.0	71,015.4	7,101.5	78,116.9	7,811.7	85,928.6	8,592.9	94,521.5
条件Ⅲ	①	30,654.0	19,000.0	8,145.0	24,376.6	2,772.0	11,592.0	378.0	96,917.6	9,691.8	106,609.3	10,660.9	117,270.2	11,727.0	128,997.3
	②	30,654.0	9,600.0	7,492.2	15,423.2	2,772.0	11,592.0	378.0	77,911.4	7,791.1	85,702.5	8,570.3	94,272.8	9,427.3	103,700.1
条件Ⅳ	①	31,194.0	16,650.0	10,674.0	23,206.3	3,960.0	16,560.0	594.0	102,838.3	10,283.8	113,122.1	11,312.2	124,434.4	12,443.4	136,877.8
	②	31,194.0	8,400.0	9,926.6	15,372.1	3,960.0	16,560.0	594.0	86,006.7	8,600.7	94,607.4	9,460.7	104,068.1	10,406.8	114,474.9
条件Ⅴ	①	31,194.0	27,500.0	11,061.0	36,131.5	3,960.0	16,560.0	594.0	127,000.5	12,700.1	139,700.6	13,970.1	153,670.6	15,367.1	169,037.7
	②	31,194.0	13,850.0	10,219.0	23,214.4	3,960.0	16,560.0	594.0	99,591.4	9,959.1	109,550.5	10,955.1	120,505.6	12,050.6	132,556.2
条件Ⅵ	①	31,194.0	38,300.0	11,889.0	49,067.5	3,960.0	16,560.0	594.0	151,564.5	15,156.5	166,721.0	16,672.1	183,393.1	18,339.3	201,732.4
	②	31,194.0	19,300.0	10,857.8	31,067.5	3,960.0	16,560.0	594.0	113,533.3	11,353.3	124,886.6	12,488.7	137,375.3	13,737.5	151,112.8
条件Ⅶ	①	32,004.0	44,476.2	29,943.0	68,691.3	11,880.0	49,680.0	864.0	237,538.5	23,753.8	261,292.3	26,129.2	287,421.6	28,742.2	316,163.7
	②	32,004.0	27,900.0	28,911.8	50,691.3	11,880.0	49,680.0	864.0	201,931.0	20,193.1	222,124.2	22,212.4	244,336.6	24,433.7	268,770.2
条件Ⅷ	①	32,004.0	60,946.8	33,372.0	93,930.9	11,880.0	49,680.0	864.0	282,677.7	28,267.8	310,945.5	31,094.5	342,040.0	34,204.0	376,244.0
	②	32,004.0	46,050.0	32,340.8	75,930.9	11,880.0	49,680.0	864.0	248,749.6	24,875.0	273,624.6	27,362.5	300,987.1	30,098.7	331,085.8
条件Ⅸ	①	32,004.0	77,417.4	36,765.0	119,170.5	11,880.0	49,680.0	864.0	327,780.9	32,778.1	360,559.0	36,055.9	396,614.9	39,661.5	436,276.4
	②	32,004.0	64,150.0	35,733.8	101,170.5	11,880.0	49,680.0	864.0	295,482.2	29,548.2	325,030.5	32,503.0	357,533.5	35,753.4	393,286.9

1)①はコンポスト実施の場合、②は生汚泥だけの搬出の場合

3.2.3 汚泥利用・燃料化

下水汚泥は、下水道の普及と同時に増加し、有機物を含む腐敗し易い性質を持つ。このため、持続可能で低コストの汚泥処分及び再利用方法を確立することが不可欠であることから、既存のコンポスト並びに他利用方法等を考察する。

(1) 下水汚泥コンポスト化

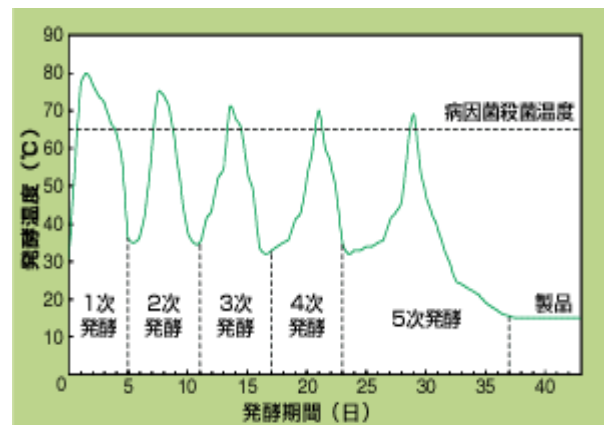
ホーチミン市ビンフン下水処理場は、汚泥処理に、濃縮-脱水-コンポスト化を採用している。コンポスト化された下水汚泥は、通常、60℃以上で2日間の発酵過程を経ると病原性細菌が不活化し人体に安全な製品となるとされている。

ビンフン 下水処理場においても、一次発酵槽、二次発酵槽を有して

おり、コンポスト製品に必要な汚泥の安定化と含水率の低下（設計では50%）が期待できる。ところが、発生量210m³/日（計画処理能力141,000m³/日、設計水質流入時）と多量であることと、下水に含まれる重金属類により、緑農地利用に対して慎重な対応が求められる。現地調査においても、コンポスト製品は、必ずしも緑農地利用を期待できず、当面は埋立て処分することを想定しているとのことであった。

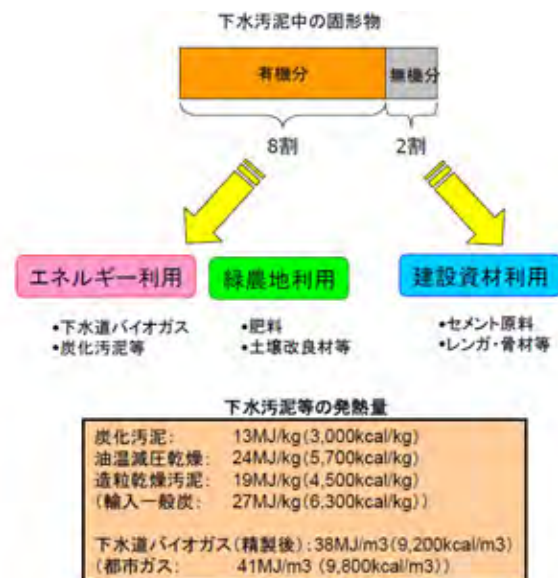
下水汚泥のコンポスト化は、脱水汚泥を好気性発酵させて汚泥の安定化を図るプロセスである。発酵に適した含水率を50~60%に汚泥を調質するために、籾殻、おがくず、バーク（樹皮）と混合し、またはコンポスト製品を返送し、通気性を確保する。

汚泥コンポストは、60℃程度、2日間以上の高温の発酵プロセスを経るので、病原性虫卵が死滅し、衛生的で安定した性状で、臭気の発生が抑えられる。含水率は50%程度前後であり、自然燃料としての価値を有する。



出典：高分子系下水汚泥を用いたコンポストの有効利用のために（東邦レオ（株））

図 3.2.5 コンポストの発酵プロセス



出典：循環のみちの実現に向けて（国土交通省下水道部, 2007）

図 3.2.6 下水汚泥の資源価値

(2) 下水汚泥燃料化の可能性

下水汚泥は乾燥及び炭化することにより、一般炭の約6割程度の熱量（カロリー）を有するものになる。都市域で継続して大量に発生し、下水汚泥を乾燥及び炭化し、石炭ボイラー・バイオマスボイラーの燃料として利用される事例が増えてきている。乾燥及び炭化による燃料化について、ホーチミン市に隣接した Tan Mai 製紙・パルプ工場（Tan Mai Joint Stock Company）を訪問し、汚泥の再利用について可能性を調査した。

工場はビエンホア市（Bien Hoa City）およびロンタイ（Long Thai）に新工場がある。ベトナムは、紙の需要が、2008年に前年比24%も増加し、生産量を拡大するため、工場の新設が行われている。同会社は、1958年に設立され、2006年に民間化された。ベトナム国内における最大の新聞紙メーカーで、Binh An 製紙会社（JSC）と合併後、第2位の製紙メーカーになった。生産量は、2010年までに紙138万トン/年、パルプ60万トン/年で、2020年までにパルプ生産量10万～20万トン/年規模の新鋭工場を、Qang Ngai, Lam Dong、Long Thai に建設し、それぞれ360万トン/年、180万トン/年と拡大する計画である。

ビエンホア市内の工場では、排水は処理施設で固液分離され、沈殿物（繊維類）は脱水・成型されて、板紙類として再利用されている。チップ類は、農地利用などで引き取られている。パルプ製造に使用される木材の残渣であるバーク（木皮）は、その処分に困っている様子であった。製紙工程に使用する蒸気発生用のボイラーに、石炭、石油を使用しているが、新工場については、スウェーデンの技術を導入し、廃棄物を燃料として活用する計画である。

Tan Mai 紙・パルプ工場は、ホーチミン市内から約40kmと近接した新設の工場で、自社で発生する廃材、バーク、黒液、排水中のペーパーラッジなどの廃棄物を利用する廃棄物利用に関心を有していることから、今後下水汚泥の再利用も可能であると判断される。



図 3.2.7 汚泥有効利用可能性調査箇所



図 3.2.8 Tan Mai 製紙工場



図 3.2.9 ペーパー・スラッジリサイクル設備

(3) 下水汚泥のセメント原料化

セメントの製造には、カルシウム、シリカ、アルミナ、鉄の主要化学成分を含んだ原料を使用する。これらの原料を粉砕して所定の調合を行ない、ロータリーキルンで高温焼成することにより、原料が化学反応を起こして、セメントとして必要な水硬性を持った化合物を生成する。

従って、これらの主要化学成分をある程度含んでいれば、セメント原料として使用することができる。汚泥による可燃性の廃棄物は、石炭の代替燃料の役割を果たし、しかも燃焼後の残渣も原料の一部として製品に取り込まれる。

ホーチミン市近郊のバイオマス利用工場で、石炭を多量に使用する工場として、Ha Tien Cement 1 セメント工場を視察し、下水汚泥の再利用の可能性を調査した。

Ha Tien Cement 1 セメント会社

工場はホーチミン市内および Binh Long District, Binh Phuoc Province の 2 箇所にある。ホーチミン市内の工場は、船で搬入したクリンカーを粉砕し、セメントとするもので、多量の熱を使用しない工場である。将来とも、廃棄物を燃料として利用する計画を有していない。

Binh Phuoc 省の工場は、2008 年に運転を開始したクリンカー製造能力 176 万トン/



図 3.2.10 Ha Tien Cement 1 工場

年を有する新鋭の工場で、廃棄物を燃料として利用する計画を有している。Ho Chi Minh 市内から、100km と遠距離であることから、下水汚泥を燃料として利用することの可能性は低い。

現在、同セメント工場は、次の方法で廃棄物を受け入れている。

廃油 (Waste Oil)	無料
古タイヤ (Tires)	有料
おがくず (Sawdust)	有料
汚泥 (Bio-fuel)	有料
紙類 (Paper and Cartoon)	有料

(4) CDM プロジェクトの提案

パルプ製造・製紙工程には、多量の蒸気・電力を使用することに加えて、製造コスト削減の観点から、石炭・重油等の化石燃料をカーボンニュートラルの再生可能燃料に置換することで、地球環境問題への貢献が期待できる。下水汚泥コンポスト化の水分調整剤としてバークを利用することで、パルプ・製紙-下水が win-win の関係を構築することも可能である。

ホーチミン市下水道についても、下水汚泥を安定的に利用・処理することが可能で、削減 CO₂ に応じたカーボンファイナンスによる下水道財政への貢献が期待できる。

CDM プロジェクトの適用に関しては、コンポストの燃料としての価値、CO₂ ベースラインの算定に加えて、発酵・乾燥の製品管理、バイオマスボイラーにおける燃焼試験、ボイラー・排ガス処理装置への影響、燃料としての投入方法などを検討することが不可欠である。

CO₂ 削減効果 (試算値)

—表 3. 2. 11-条件VI②より

下水量	: 141,000 m ³ /日 (第1期)
汚泥発生量	: 19 DS-ton/日
汚泥量 (W/C82%)	: 106 ton/日
石炭換算 (60%)	: 11.4 ton/日=4,161 ton/年
CO ₂ 削減効果	: 15,200 ton/年

3.2.4 下水道財政の改善・料金制度

(1) ハノイ市の下水道財政予測

ハノイ市で新設予定処理場が供用開始された場合、既設処理場を含めた維持管理費用を試算した結果を表 3.2.18 に示す。各処理場の増設計画を想定して Phase 分けした。

維持管理費用の試算では、行政事務に係わる人件費・資産勘定人件費、設備の減価償却及び借入金の利子返済等は考慮していない。また、物価上昇率及び人件費上昇率も考慮していない。ここでは、直接下水処理に必要な費用のみを抽出し試算した。

この表からみるように事業 phase 毎の維持管理費用は 197,376、268,833 及び 287,302 百万 VND/年と推算された。流入下水量 1m³ 当りの処理単価は、約 1,600 VND/m³ である。試算結果の費目別内訳を、表 3.2.19～3.2.23 に示す。

表 3.2.18 ハノイ市下水処理施設維持管理費用

処理場名	施設容量 m ³ /日	予想日平均処理量 ¹⁾			維持管理費 ²⁾		
		Phase-1	Phase-2	Phase-3	Phase-1	Phase-2	Phase-3
		m ³ /日			百万VND/年		
キムリエン ³⁾	3,700	3,700	3,700	3,700	3,863	3,863	3,863
チュックバック	2,500	2,041	2,041	2,041	2,642	2,642	2,642
北タンロン	42,000	34,286	34,286	34,286	21,098	21,098	21,098
バイマウ湖	14,000	11,429	11,429	11,429	7,874	7,874	7,874
エンソ	190,000	155,102	155,102	155,102	87,922	87,922	87,922
エンサ	270,000	110,204	220,408	220,408	62,838	124,335	124,335
フド	84,000	17,143	34,286	68,571	11,139	21,098	39,568
合計	606,200	333,904	461,251	495,537	197,376	268,833	287,302
処理単価 (VND/m ³)					1,619	1,597	1,588

1) 予想日平均処理量=施設容量/1.225 (日最大処理量)

2) 行政に係わる人件費、減価償却及び借入金の利子返済等は試算から除外

3) キムリエン処理場は既存流入量を利用

4) 物価上昇率及び人件費上昇率は考慮しない

表 3.2.19 ハノイ市下水処理施設維持管理のための人件費 (予想)

処理場名	人数 (人)			平均人件費 単価 (VND/年)	人件費 (VND/年)			備 考	
	Phase-1	Phase-2	Phase-3		Phase-1	Phase-2	Phase-3		
キムリエン ¹⁾	21	21	21	40,000,000	840,000,000	840,000,000	840,000,000	既存人数	
チュックバック ²⁾	21	21	21		840,000,000	840,000,000	840,000,000	Kim Lienの人数適用	
北タンロン ¹⁾	30	30	30		1,200,000,000	1,200,000,000	1,200,000,000	既存人数	
バイマウ湖 ³⁾	26	26	26		1,040,000,000	1,040,000,000	1,040,000,000	場長1,事務1.6人4班3交代	
エンソ ³⁾	38	38	38		1,520,000,000	1,520,000,000	1,520,000,000	場長1,事務1.9人4班3交代	
エンサ ³⁾	34	42	42		1,360,000,000	1,680,000,000	1,680,000,000	場長1,事務1.8 (10) 人4班3交代	
フド ³⁾	26	30	30		1,040,000,000	1,200,000,000	1,200,000,000	場長1,事務1.6 (7) 人4班3交代	
支援組織 ³⁾	50	50	50		2,000,000,000	2,000,000,000	2,000,000,000	水質分析10人、保守管理:20人、その他20人	
合計	246	258	258		40,000,000	9,840,000,000	10,320,000,000	10,320,000,000	

1) Kim Lien及びNorth thang Longは現在の維持管理要員を適用

2) Truc BacはKim Lienと同じ人数を適用

3) 弊社予想人員数

表 3.2.20 ハノイ市下水処理施設の年間電気費（予想）

処理場名	電力使用量 (kwh/年)			単価 ²⁾ (VND/kwh)	電気費 (VND/年)		
	Phase-1	Phase-2	Phase-3		Phase-1	Phase-2	Phase-3
キムリエン ¹⁾	1,350,500	1,350,500	1,350,500	900	1,215,450,000	1,215,450,000	1,215,450,000
チュックバック	744,965	744,965	744,965		670,468,500	670,468,500	670,468,500
北タンロン	6,257,143	6,257,143	6,257,143		5,631,428,571	5,631,428,571	5,631,428,571
バイマウ湖	2,085,714	2,085,714	2,085,714		1,877,142,857	1,877,142,857	1,877,142,857
エンソ	25,475,510	25,475,510	25,475,510		22,927,959,184	22,927,959,184	22,927,959,184
エンサ	18,101,020	36,202,041	36,202,041		16,290,918,367	32,581,836,735	32,581,836,735
フド	3,128,571	6,257,143	11,262,857		2,815,714,286	5,631,428,571	10,136,571,429
合計	57,143,424	78,373,016	83,378,730		51,429,081,765	70,535,714,418	75,040,857,276

1) kim Lien処理場は既存処理量及び電力使用量使用

2) JETROの物価情報使用

表 3.2.21 ハノイ市下水処理施設維持管理薬品費（予想）

処理場名	凝集剤 ¹⁾			次亜塩素酸ナトリウム ²⁾			薬品費合計		
	Phase-1	Phase-2	Phase-3	Phase-1	Phase-2	Phase-3	Phase-1	Phase-2	Phase-3
	(百万VND/年)			(百万VND/年)			(百万VND/年)		
キムリエン	438	438	438	115	115	115	552	552	552
チュックバック	241	241	241	63	63	63	305	305	305
北タンロン	4,055	4,055	4,055	1,063	1,063	1,063	5,118	5,118	5,118
バイマウ湖	1,352	1,352	1,352	354	354	354	1,706	1,706	1,706
エンソ	18,342	18,342	18,342	4,810	4,810	4,810	23,152	23,152	23,152
エンサ	13,033	26,065	26,065	3,417	6,835	6,835	16,450	32,900	32,900
フド	2,027	4,055	8,109	532	1,063	2,126	2,559	5,118	10,236
合計	39,487	54,548	58,602	10,354	14,304	15,367	49,842	68,851	73,969

1) SS流入水質は150mg/L (Kim Lienの例) で設定、注入率は2%、単価は108,000VND/kg

2) 注入率は2mg/L、単価は3,540VND/L (10%) を適用

表 3.2.22 ハノイ市下水処理施設の汚泥発生量及び処分費用（予想）

処理場名	汚泥発生量			汚泥処分費		
	(m ³ /年)			(百万VND/年)		
キムリエン	833	833	833	333	333	333
チュックバック	461	461	461	184	184	184
北タンロン	7,722	7,722	7,722	3,089	3,089	3,089
バイマウ湖	2,578	2,578	2,578	1,031	1,031	1,031
エンソ	34,911	34,911	34,911	13,964	13,964	13,964
エンサ	24,806	49,611	49,611	9,922	19,844	19,844
フド	3,861	7,722	15,439	1,544	3,089	6,176
合計	75,172	103,839	111,556	30,069	41,536	44,622

1) SSの初沈除去率は35%で計算、生汚泥の転換率は1、余剰汚泥の転換率は0.9で計算

2) 流入水のSSは150mg/L、処理水のSSは50で計算

3) 脱水汚泥の含水率は82%で計算

4) 脱水汚泥の比重は1で計算

5) 汚泥処分費は400,000VND/m³で計算

3.2.23 ハノイ市下水処理施設の消耗品費及び修繕費（予想）

処理場名	消耗品費			修繕費		
	Phase-1	Phase-2	Phase-3	Phase-1	Phase-2	Phase-3
	(百万VND/年)			(百万VND/年)		
キムリエン	111	111	111	511	511	511
チュックバック	61	61	61	282	282	282
北タンロン	1,029	1,029	1,029	4,731	4,731	4,731
バイマウ湖	343	343	343	1,577	1,577	1,577
エンソ	4,653	4,653	4,653	21,404	21,404	21,404
エンサ	3,306	6,612	6,612	15,208	30,416	30,416
フド	514	1,029	2,057	2,366	4,731	9,463
合計	10,017	13,838	14,866	46,079	63,653	68,384

1) 消耗品費単価は30,000VND/日処理m³

2) 修繕費単価は138,000VND/日処理m³で20年平均値である

(2) ハノイ市の維持管理コスト

ハノイ市の下水処理場は、現在供用している Kim Lien, Truc Bac, North Thang Long の 3 処理場に加えて、建設・設計中の 2 処理場、計画中の 2 処理場が、段階的に整備される。Yen Xa, Pu Do 処理場については、市街地の人口増加を考慮して、計画処理能力の 1/2 または 1/4 の施設を段階的に建設する計画である。

現在の市街地における 7 処理場の計画処理能力は、表 3.2.24 のように段階的に整備すると仮定した。これらの処理場の整備に応じて、維持管理人員や処理に要する電力・薬品、汚泥処分、補修に要する維持管理費用が発生する。年間の維持管理費用（建設コストを除く）と処理水量の関係を、図 3.2.11 に示す。

§ 3.2.4(1)で試算した年間維持管理費用は、HSDC の年間予算（138.7 billi. VND）に対して、

- ・ 現在の 3 処理場の維持管理費用は HSDC の年間予算の約 20%に該当
- ・ 5 処理場の維持管理費は HSDC の年間予算の約 90%に該当
- ・ 7 処理場が運転を開始すると HSDC の年間予算の 1.5~2 倍に該当

と試算される（図 3.2.12 参照）。下水道料金（環境保護税）を水道料金の 1 割と低く設定されていることや HSDC の予算を一般会計からの支出に頼っていることは、下水道事業経営の持続性を阻害すると推測される。

下水道経営を自立可能な経営とするためには、処理場の処理費用を利用者に賦課することが不可欠である。現在の下水道料金（環境保護税 Circular No. 67 (2003)）は、一般的な活性汚泥法の処理コストに見合っておらず、主として排水施設の維持管理を賄う料金水準である。下水道料金は下水処理コストの 15~18%を回収するに過ぎない。従って、下水処理の費用負担を前提に、下水処理料金の制度導入や適切な料金水準および低所得層に配慮した料金体系・経営改善計画（高所得層・商業から一般家庭へ内部補助する累進性の料金体系）が必要である。

表 3.2.24 ハノイ市下水処理場の整備計画

処理場名	処 理 容 量(m3/日)					
	計 画	現 在	5 処理場	7 処理場 (Phase-1)	7 処理場 (Phase-2)	7 処理場 (Phase-3)
キムリエン	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700
チュックバック	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
北タンロン	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000
バイマウ湖	14,000	—	14,000	14,000	14,000	14,000
エンソ	190,000	—	190,000	190,000	190,000	190,000
エンサ	270,000	—	—	135000	270,000	270,000
フド	84,000	—	—	21000	42000	84,000
合 計	606,200	48,200	252,200	408,200	564,200	606,200

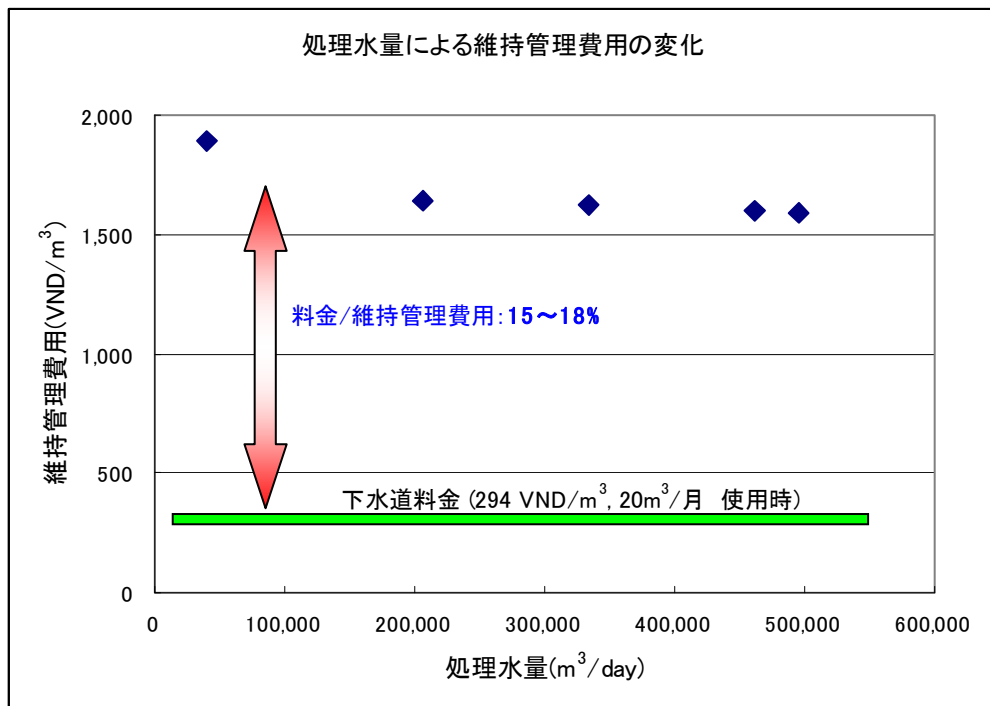


図 3.2.11 下水道整備段階-0/M コスト・料金水準 (ハノイ)

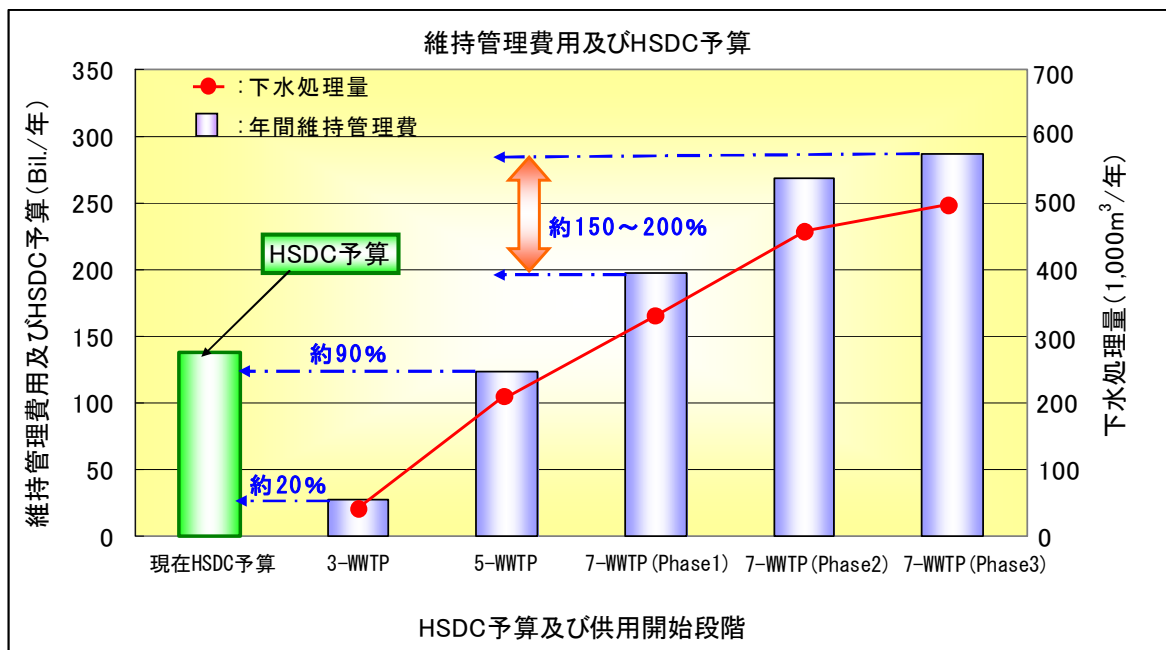


図 3.2.12 処理場の整備計画と維持管理費用

(3) ホーチミン市の維持管理コスト

ビンフン下水処理場の維持管理計画策定（§ 3.2.2）で提案した維持管理費用から算出した処理単価と年間処理水量および下水道料金水準（300VND/m³）の関係を、図 3.2.13 に示す。

処理単価は、下水処理量の伸びに応じて減少する。流入 SS・発生汚泥量と汚泥処理法および付随する維持管理体制も、50～200%程度と処理単価に影響する。

下水道料金は、処理コストの 6～19%（平均 11%）と極めて低い水準にある。維持管理体制を維持するためには、コスト削減の取り組みに加えて、賦課対象区域を広げること、下水道料金の改定及び一般会計からの補填が不可欠である（参考：添付資料 7 官民の役割分担、添付資料 11 下水道料金制度）。

処理水量・発生汚泥量に応じて、機器の運転・ユーティリティー使用量、維持管理体制などの維持管理計画を適正に実行することで、維持管理コストは縮減できる。中期の平均処理コストは、2,500VND/m³（0.15USD/m³）程度まで、改善できると試算される。

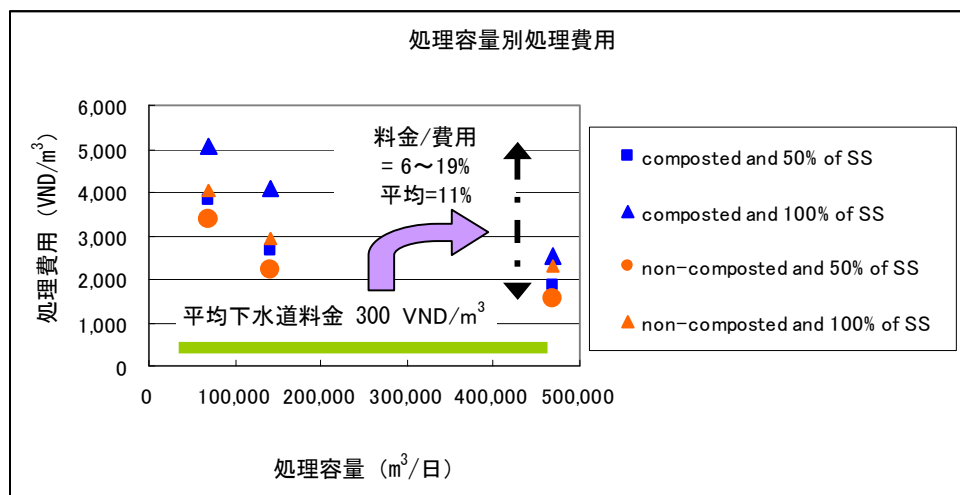


図 3.2.13 ホーチミン市における処理容量別処理費用と下水道料金水準

(4) 下水道料金制度

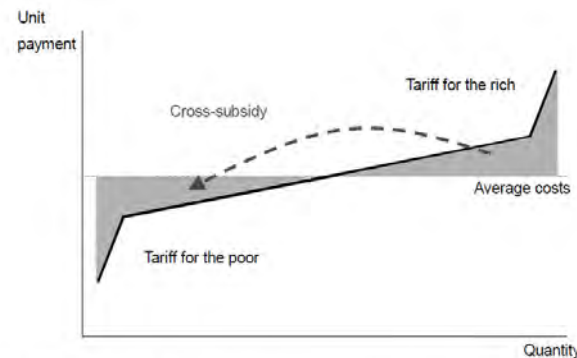
ハノイ市、ホーチミン市の上下水道料金を、表 3.2.25 に示す。

一般家庭では累進性の料金で、また商業用の料金は、一般家庭の大口使用量の料金水準にある。下水道料金は、水道料金の 10%または 12%とされている（詳細は、§ 3.1.1(4)、§ 3.1.3(2)）。

開発途上国の多くの都市は、水道メータの普及状況や、富裕層・大口需要家（商業）から低所得層に内部補助する料金区分・累進料金を組合わせた料金制度を採用している。（図 3.2.14 参照）

表 3.2.25 ハノイ・ホーチミン市の上下水道料金

区 分	ハノイ市		ホーチミン市 (2004 年改定)	
一般家庭	メータ無し	30,000 VND/月		VND/m ³
	16m ³ 以下	2,800VND/m ³	4~6m ³ /(構成員・月)	2,700
	17-20m ³	3,500VND/m ³	4m ³ /(構成員・月) 以下	5,400
	21-35m ³	5,000VND/m ³	6m ³ /(構成員・月) 以上	8,000
	36m ³ 以上	7,500VND/m ³		
工業用	4,500 VND/m ³		4,500 VND/m ³	
商業用	7,500 VND/m ³		8,000 VND/m ³	
公共用	4,000 VND/m ³		6,000 VND/m ³	
下水道料金	水道料金の 10%		水道料金の約 12%	



(Source: Edited from Sobail, 2004)

Cross-subsidy/increasing block tariff structure

出典：Design of Effective Regulatory System for Water Supply in Jakarta, Indonesia: (Isao Endo 2004)

図 3.2.14 料金の内部補助 (概念)

表 3.2.26 調査対象都市の下水道料金制度比較

都市/City	Metered water	Non-metered water	Domestic			Commercial			備考 (Remarks)
			定率	累進	累進率 Max/Min	定率	累進	累進率 Max/Min	
Jakarta		○		○	1.76		○	1.6	住宅：電気使用量に置換 商業：業態・星で区分 商業/住宅(基本料金)：5-8
Yogyakarta		○	○	○	2	(○)	(×)	-	Employee/売上げで区分
Bandung	○	○		○	水量3.1-3.5 所得2.0		○	水量2.75/3.33 所得1.1-1.3	所得・水道使用量で、2重に累進性を確保
Denpasar, Bali		○		○	1.67	商業 (○)	Hotel (○)	Hotel -2	住宅：接道の幅員で区分 ホテル：☆で区分
Surakarta (Solo)		○	○		1.5	○		1.5	住宅・商業：規模で区分
Banjarmasin		○	○		-	○		-	
Hanoi	○	○	○		-	○		-	
Ho Chi Minh	○			○	2.96	○		-	商業：住宅の大口使用量の料金と同一
Astana	○		○		-	○		-	住宅：商業と同一
Manila	○	○		○	4.2		○	1.1-1.2	商業/住宅(基本料金)：4.5
Maynilad	○	○		○	4.2		○	1.1-1.2	商業/住宅(基本料金)：4.5

(5) アジア諸都市の下水道料金水準

ハノイ市及びホーチミン市の下水道料金は、約 0.34US \$ /20m³ (1 ドル=17,500VND で計算) で近隣のインドネシア、フィリピンよりも低い水準であり (図 3.2.15 参照)、水道料金に対する比率約 10% も最低の水準である。

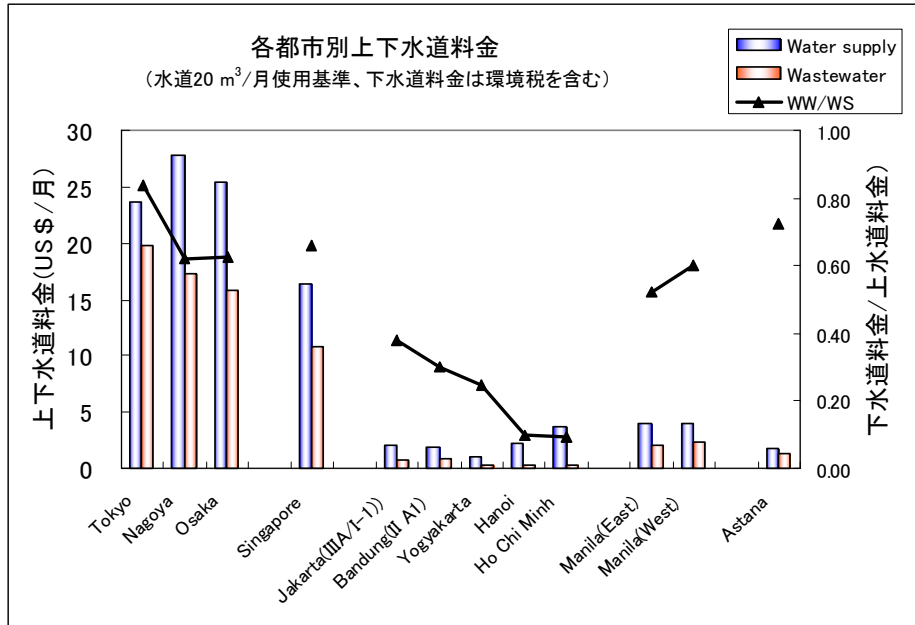


図 3.2.15 アジア諸都市の上下水道料金の水準及び料金の割合

(6) 適正料金水準の試算

ハノイ・ホーチミン市の下水道経営を持続的に可能とするための料金水準を、現行の水道料金体系を基に試算する。

想定する維持管理コストは

ハノイ市 : 1,500~2,000 VND/m³ (表 3.2.18、図 3.2.11 参照)

ホーチミン市 : 1,600~3,000 VND/m³ (図 3.2.13 参照)

となる。

海外の都市の事例を参考に、料金水準、上下水道料金の割合、一般家計 (200 万 VND/月の所得と仮定) への影響を変数とした。

ハノイ市では図 3.2.16 から分かるように、下水道料金で維持管理コストを確保するためには、下水道料金収入の割合を一般家庭 70%、商業用 30% で仮定した場合の平均下水料金を水道料金の 35~45% まで上げる必要がある。

しかし、都心部の料金水準の高い商業地区で (日本の都心部処理区の例から 水道料金収入の割合を一般家庭 30%、商業用 70% と仮定)、平均水道単価が高いため、平均下水料金を水道料金の 25~33% まで上げることで、維持管理コストを確

保できる。この下水道料金水準が家計に与える影響は、0.72～0.96%の水準と試算された。

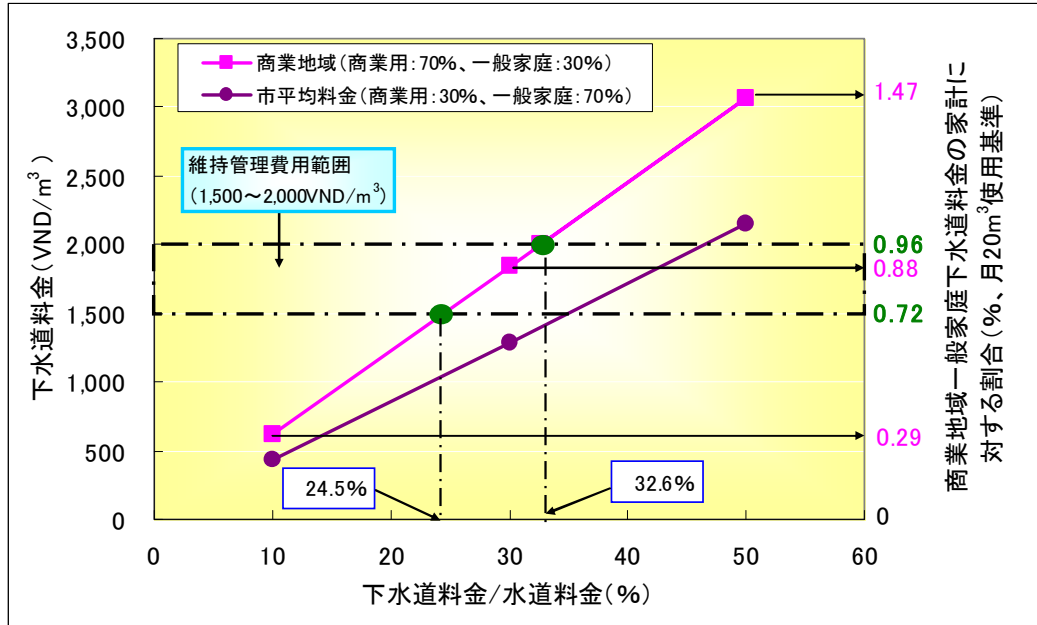


図 3.2.16 ハノイ市下水道料金の適正水準及び家計に占める割合

ホーチミン市においては、図 3.2.17 に示すように、下水道料金で維持管理コストを確保するためには、下水道料金収入の割合を一般家庭 73.8%、商業用 26.2% (SEAWUN, 2004 の上水道使用量分析から) で仮定した場合、平均下水料金を水道料金の 50%以上まで上げる必要がある。

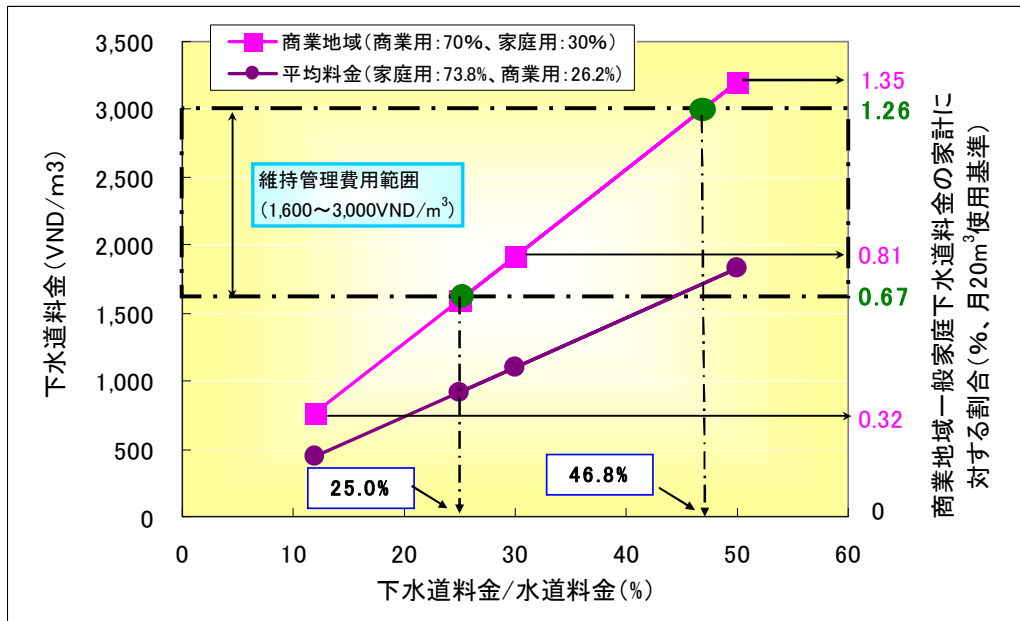


図 3.2.17 ホーチミン市下水道料金の適正水準及び家計に占める割合

しかし、都心部の料金水準の高い商業地区で（日本の都心部処理区の例から水道料金収入の割合を一般家庭30%、商業用70%と仮定）、平均水道単価が高いので、平均下水料金を水道料金の25～47%まで上げることで、維持管理コストが確保できる。この下水道料金の水準が家計に与える影響は、0.67～1.26%の水準と試算された。

何れの場合も、水道料金に連動させる下水道料金体系では、ジャカルタ、マニラと同程度の料金水準で、3～5倍の料金改定を必要とする。

このことから、下水道は中期的には市街地中心部を優先地区として整備を進めること、また、インドネシアの例のように一般家庭でも所得によって料金を細分化し、高所得層の負担を大きくし、低所得層の負担を軽減させる方法の工夫が必要である。また、商業用と家庭用または、低額料金と高額料金で異なる料率を設定するなどの検討も必要である。

現在の料金水準・料金制度では下水道財政が運営不可能で、一般会計の財政に影響を与える。従って、住民を含む社会全体の理解・種々のコスト削減の取り組みが不可欠である。

3.2.5 住民理解・住民サービス向上

(1) インターセプター下水道

ハノイ市、ホーチミン市は、公衆衛生・水環境の改善を最優先課題として、インターセプター方式下水道を採用している（一部の処理区域を除く）。インターセプター方式は、既存の排水路や河川の汚濁した下水をしゃ集（インターセプト）するもので、面整備管を必要としないので、経済的なシステムである。

課題として、雨水及び浸入水の流入により計画下水量を上回る下水が流入する。マンホールからの溢水やポンプ場の浸水、下水処理過程での活性汚泥への影響が懸念される。また、雨天時にしゃ集量を上回る下水が放流され（CSO：合流式下水道の雨天時放流水）、下水道による水環境の改善効果を限定的なものにする。

インターセプター方式の下水道は、標準下水道と呼ばれ先進都市の House Connection を有する合流式下水道・分流式下水道の過渡的段階における下水道である。

(2) 下水道の機能向上・し尿の受入れ

インターセプター下水道は、既存の排水路の下水を収集するので、水質改善効果は広域に及ぶ。しかし、住宅周辺の衛生環境は、既存の排水施設に委ねられる。個々の住宅が公共下水道に接続しないので、宅内の排水は、下水道整備以前と変わらず、下水道の効果を実感できない地域が残る。

セプティックタンクの維持管理やし尿処理は、住民にとって煩雑な課題である。住民サービスを向上させる観点から、管路の流下機能評価や維持管理体制を確立すること、加えて高雄市下水道の段階的な管路システムの整備（参考資料 5.3 参照）に見られるように面整備管の整備計画と併せて、セプティックタンクの法的義務付けを見直すことも必要である。

また、ハノイ・ホーチミン市内の低地部では、浸水被害が市民生活・交通に深刻な影響を与えている。局所の浸水対策には、雨水貯留・小規模ポンプ場が有効であるが、水環境が改善すると CSO 問題が顕在化する。合流式下水道の改善手法として、

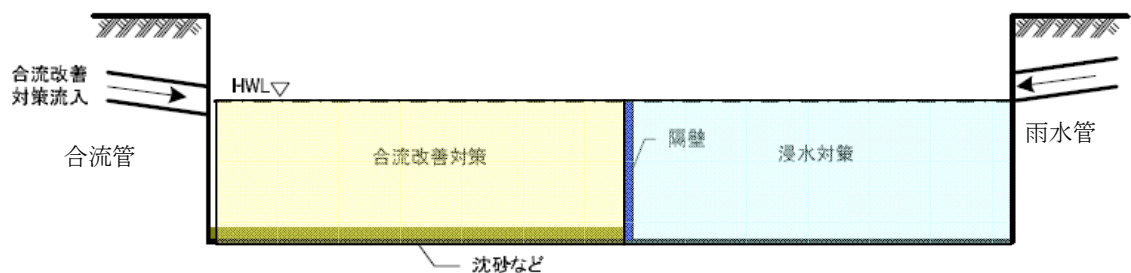


図 3.2.18 浸水対策（貯留）・CSO 対策の併用技術（概念）

浸水対策用の雨水調整池を、雨天時の初期下水を貯留する雨水滞水池と併用する技術が採用されている。

インターセプター下水道は、低コストで短期間に公衆衛生・水環境の改善に寄与するが、し尿処理・CSO の課題を残す。インターセプター下水道を、浸水対策・都市開発プロジェクトと連携して標準下水道へ改善するための中長期的の方策を持つことが望ましい。

(3) 住民理解・住民教育

今回の調査で水環境改善と下水道の役割に関して、住民の認識が低いことが分かった。今回のアフォーダビリティ調査結果、水道料金が家計に占める割合は 3%程度の水準であった。

下水道料金の支払い意思額は 0.1~0.2%程度の水準であった（図 3.1.32 参照）。しかし、一部の市民にあっては、所得の多寡に関わらず支払い意思額が 0.5~0.8%と高い理解が得られている。

住民の理解は、下水道の整備・利用、経営まで、広汎に影響することから、下水処理の必要性に対する体系的な啓蒙及び教育が必要である。小学校の社会教育や幼児を介して家庭の話題とすること、公衆衛生問題の影響を受ける主婦への教育、水辺・水生生物を使ったオープン・スクール等が効果的である。



図 3.2.19 紙芝居による教育（日本）



図 3.2.20 社会教育（インドネシア）

3.2.6 関係機関の連携

(1) 官民連携

ハノイ市のエンソ処理場は、地域開発権を民間会社に与える条件として、下水処理場を建設させる方式を採用している。大規模な下水道整備を予定しているハノイ市及びホーチミン市としては莫大な資金が必要であるので、エンソ処理場の例のように地域開発権を付与する条件として下水処理場を設置させることも一つの有効な下水道整備方法である。また、民間資金の導入による建設・維持管理方式（BOT方式等）も検討すべきである。

既存施設についても、下水道の公的役割を確保しつつ、民間会社の活力を導入し維持管理費用の縮減を図る必要がある。複数年の包括的な維持管理委託契約から、コンセッション方式・完全民営化まで、種々の活用方式の採用が考えられる。

(2) 下水道整備コストの削減・都市開発プロジェクトとの連携

ハノイ市では、大規模の都市開発事業が進められている。下水道計画と整合させた管路施設の整備をするためには、受益者負担の理念に基づいて開発者に負担金（開発負担金等）を求めることが必要であると考えられる。開発者においても、個別処理施設の建設と維持管理の負担が軽減され、合理的な方法である。



図 3.2.21 ハノイ市の都市開発

(3) 関連部局の連携

下水道は、市民や事業場を下水道条例で規制することにより、施設の維持管理と経営の健全化が可能になる。排水中の pH、油、重金属類・化学物質、高濃度の有機物質等は、コンクリート構造物の腐食、処理システムへの影響、汚泥のリサイクルなどに影響を与える。事業場排水の下水道への排除基準やモニタリング体制の構築が必要である。生物処理が可能な BOD・SS については、基準を超えて排出する事業場に賦課金等を賦課すること（水質料金）で、事業場の排水対策、処理施設管理の負担軽減と料金収入につながる。

下水道の整備・経営には、人民委員会、建設局・PMB、HSDC が関わっている。HSDC は、管路維持管理及び処理施設維持管理に別途の Enterprise を設置して、排水と処理の管理を分担させている。HSDC 単独では上述したような政策を制度化できないことから、行政を担当する人民委員会・環境部局、建設局・PMB と共同で制度化する等の横断的な連携が必要である。

第 4 章 アスタナ市下水道維持管理・経営計画

4.1 上下水道の現状

アスタナ市の上下水道の現状については、既存の JICA 調査及び設計報告書、その他機関の調査報告書、現在進行中の円借款事業関係者へのヒアリング、ならびにインターネットによる情報収集をもとに報告書を取りまとめた。

(1) 水環境・上下水道事業の概要

アスタナ市では、1997 年にカザフスタン国の新首都として遷都が決定され、2000 年には JICA 開発調査により新首都開発マスタープランが作成されて以降、都市開発が急速に進行中である。アスタナ市の人口は、2008 年 4 月時点で 610,679 人と公表されている。アスタナ市およびその周辺には 3 つの主要河川が存在し、市内を東西に貫流するイシム川、市北部のセレティ川及び南部のヌラ川がある。また、市中心部心から東に 50km 離れたヴァチェスラフスキ貯水池は、イシム川を水源とする人造湖であり、アスタナ市の主要水道水源である。また、市中心部の南西 6km に位置するタルディコル湖は、既存污水处理場からの処理水放流先となっている。

アスタナ市の水道水源としてヌラ川よりイシム川に導水するため、ヌラーイシム水路が建設されたが、ヌラ川の水銀汚染のために導水は実施されていない。イシム川の水質は気象水文観測機関により定期的なモニタリング調査が行われている。モニタリングの結果を下表に示す。

アスタナ市の上下水道事業の運営については、アスタナ市 (Akimat : Astana City Government) の全額出資による公営企業である ASA (Astana Su Arnacy) に委託されている。ASA は独立採算制をとり、水道料金徴収も実施している。ただし、ASA は日常業務の決定権を有するものの、投資計画、職員の採用、料金設定、職員給与の設定については、AKIMAT がその権限を有している。

アスタナ市の上水道事業は 1937 年に開始された。1969 年に浄水場が建設され、1982 年に計画処理能力 200,000m³/日に引き上げられ現在に至る。実際には 120,000～

表 4.1.1 アスタナ市周辺の水環境

測定地点	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)
飲料水用表流水の限界濃度	3.0	15	規定なし
ヴァチェスラフスキ貯水池	0.8	23	0.7
イシム川 (テルマン村)	1.6	22	0.5
イシム川 (アスタナ市)	2.7	24	1.1
イシム川 (キーロフ村)	2.0	23	1.3

*JICA F/S 報告書 (2000 年)

140,000m³/日で運転されているが施設の老朽化が激しく、円借款事業による施設改築と拡張が進行中である。また、市内の配水管網は施設の維持管理が適切に実施されておらず、漏水率が26%程度と推定されていることに加え、消費者の節水意識欠如及び施設からの漏水等により、更に20%程度の損失が生じているものと推定される。アスタナ市の水需要予測は下表のとおりである。

表 4.1.2 アスタナ市の水需要（水道原水）

項 目	2000 年	2010 年	2020 年	2030 年
人 口(人)	331,000	490,000	690,000	800,000
水利用(m ³ /日)		175,100	243,700	295,300
飲料水(m ³ /日)		151,700	217,100	264,600
工業用水(m ³ /日)		23,400	26,600	30,700

*JICA M/P 報告書（2000 年）

JICA - M/P 報告書(2000 年)によれば、アスタナ市全体での既存配水管網は 489.3km（管径 50～1,000mm）とされている。主として鉄管及び铸铁管が用いられており、一部地域においてポリエチレン管及びアスベスト管が使用されている。現在進行中の円借款事業において、下表に示す施設改善計画が実施される。

一方で、アスタナ市の下水道事業は 2000 年時点で普及率が 72%に達しており、2030 年においては普及率が 97%に拡大される計画になっている。

表 4.1.3 円借款事業の上水道施設概要

施 設	内 容
1. 取水施設	取水能力：210,000m ³ /日 取水ポンプ：36.5m ³ /分 × 6 基（予備 2 基含）
2. 浄水施設	処理能力：105,000m ³ /日の新規建設（追加） 処理方式：急速ろ過方式 SCADA による集中監視システム導入
3. 配水施設	加圧ポンプ施設の機電設備更新 配水管路新設：管径 1,000mm × 5.6km 配水管路更新：管径 100～1,000mm × 100km
4. 維持管理設備	個人住宅用水道メータ調達・設置：152,000 個 集合住宅用水道メータ調達・設置：1,900 個

*JICA D/D 報告書（2003 年）

表 4.1.4 アスタナ市の下水道開発計画

項目	1999年	2010年	2020年	2030年
計画人口(人)	331,000	490,000	690,000	800,000
処理区域内人口(人)	306,249	474,537	666,933	780,525
下水道接続人口(人)	220,100	421,400	641,700	760,000
普及率(%)	72	88	96	97

*JICA M/P 報告書 (2000年)

アスタナ市の汚水は、タルディコル湖に面したコス下水処理場に送水され、処理された後タルディコル湖に放流される。現在、タルディコル湖周辺においてリゾート開発計画が進められており、湖沼浄化事業（通称、モスクワプロジェクト）を実施中である。円借款事業においては既存下水処理場の施設更新ならびに沈殿池の増設、脱水設備の新設により、汚水処理機能を増強している。下表に円借款事業内容を取りまとめた。

表 4.1.5 円借款事業の下水道施設概要

施設	内容
1. 汚水処理施設	施設更新（処理能力：136,000m ³ /日） 揚水ポンプ設備更新：0.9m ³ /秒、0.45m ³ /秒 × 各2基 沈殿池（初・終） × 各2基新設 沈殿地（初・終）、反応槽機電設備更新 放流ポンプ設備更新：0.45m ³ /秒、0.9m ³ /秒及び1.33m ³ /秒 × 各2基 場内配管更新：管径200～2,000mm × 3,000m
2. 汚泥処理施設	重力濃縮槽機電設備更新 機械濃縮設備新設：75m ³ /時 × 3基 汚泥硝化タンク機電設備更新、ボイラー設備更新 汚泥脱水設備新設
3. 管路施設	中継ポンプ場機電設備更新：17箇所 下水管路更新：管径100～800mm × 21km マンホール蓋更新：5,300箇所

*JICA D/D 報告書 (2003年)

(2) 維持管理の現状

アスタナ市の維持管理の現状について、特に上下水道事業の運営主体である ASA を取り巻く環境について以下に述べる。

前述とおり、アスタナ市の上下水道事業はアスタナ市の全額出資による公営企業体の ASA により運営されている。ASA は独立採算制に則り上下水道事業を運営している。ASA の全資産はアスタナ市に属するが、その運用は ASA に委託されている。ただし、ASA の決定権は、日常業務に係る内容がほとんどであり、事業計画や組織計画に係る決定権はアスタナ市 (Akimat) に帰属している。このため、ASA 財務体質はアスタナ市の補助金に依存しており、これに伴い職員の事業管理能力も脆弱である。ASA の職員構成について次表 4.1.6 にまとめた。

表 4.1.6 ASA の職員数 (2000 年当時)

職 種	職員数 (人)	備 考	職 種	職員数 (人)	備 考
ASA 本部事務所	416		水源取水施設	15	
水道配水管網-1	15		事務・管理部門	2	
水度配水管網-2	15		管理職	1	
下水道管網	108		エンジニア	1	
緊急対応チーム	24	上下水共通	施設運転部門	8	
整備工場	10	同上	オペレータ	8	
機械部門	150	同上	補修係	3	
電気部門	60	同上	その他要員	2	
補修・建設	34	同上	汚水処理場	90	
浄水場	84		事務・管理部門	4	
事務・管理部門	5		管理職	1	
管理職	1		エンジニア	3	
エンジニア	4		施設運転部門	44	
施設運転部門	29	4 チーム	エンジニア	4	
エンジニア	4		オペレータ	40	
オペレータ	25		研究室	11	
研究室	21		チーフ	1	
チーフ	1		エンジニア	2	
エンジニア	3		分析員	8	
分析員	8		補修要員	21	
シフト要員	9		その他要員	10	
補修要員	20				
その他要員	9		合計	605	

(3) 維持管理の課題

アスタナ市の下水道施設維持管理に係る課題について以下に列挙する。

- ・ 下水処理場への流入水量は年平均 100,000m³/日であるが、春季には雪解け水の影響で流入水量が増加し 120,000m³/日（最大 158,000m³/日）となる。
- ・ 下水処理場では、処理水量 1m³ 当り平均 0.5kW の電力を使用する。これは一般的な下水処理場の 0.3~0.4kW/m³ よりも多い。放流ポンプ場を有することや 100% の返送汚泥比及び送風機が非効率であることが課題である。
- ・ アスタナ市は平坦な地形であるため、中継ポンプ場を設置しないと管の埋設深度が深くなる。30 箇所を超える中継ポンプ場が稼動しており、汚水移送に係る電力量の増大が課題である。
- ・ 石炭ボイラの更新が進められている。アスタナ市では極めて安価に石炭の調達が可能であるが、排ガスなどの環境対策が課題である。
- ・ 下水処理場の処理施設（特に汚泥天日乾燥床）から発生した臭気の影響範囲は、1.5km 以上に渡っており、近隣住民より苦情が多い。

4.2 下水道維持管理計画

(1) インドネシア・ベトナム調査で得られた知見

下水処理施設は、将来の運用状況を考慮した適切なシステムを導入することで、安定した運転管理が可能になる。また、危機管理を考慮した施設設計も重要であり、今回インドネシア国及びベトナム国の現地調査で得られた効果的な対策事例等を次の表 4.2.1 に示す。このような効果的な対策等を盛り込んだアスタナ市下水処理場の維持管理計画を次節で提案する。

表 4.2.1 インドネシア・ベトナムで得られた処理場の効果的な対策事例

区 分	内 容	管 理 の 効 率 化	施 設 の 延 命 化	安 全 性 の 向 上	コ ス ト 縮 減	住 民 理 解
施 設 設 計	監視室への簡易スキヤダシステムの導入 ・トレンド機能、帳票システムの付加	○		○		
	土木構造物の省略・簡素化 ・屋外式受変電設備の採用 ・設置池数の適正化によるゲート、柵の削減	○			○	
	機械化と手作業の適正化を考慮した設備導入	○			○	
	設備の重要度に応じたシステムの二重化		○	○		
	管理指標となる計装機器の導入	○		○		
	ラグーン方式の採用（水質・設置面積を考慮）	○			○	
	天日乾燥床の採用（気候、設置面積を考慮） ・既設の継続利用と脱水機の併用	○			○	
設 備 設 計	冷却水を必要としない機器の採用 ・空冷式非常用発電機 ・無注水型メカニカルシール	○	○			
	電気室の空調設備の導入 ・多用する半導体部品への温度対策		○			
初 期 対 策	施設稼動初期に対応する小型機器の採用 ・間欠運転や調整を容易にできる機器	○			○	
浸 水 対 策	ポンプ場施設の浸水対策 ・電気設備、計装設備の地上設置 ・重要施設への防水壁の採用		○	○		
臭 気 対 策	腐食性ガスの発生箇所の覆蓋・脱臭装置の設置		○	○	○	○
腐 食 対 策	耐腐食性材料の適用（強化プラスチック等） 耐腐食塗料の塗布		○	○		
周 辺 環 境 対 策	植栽による景観配慮 環境改善の啓蒙					○
維 持 管 理 対 策	複数施設の一括管理（遠方監視・水質分析）	○			○	
	軽量素材の採用（し渣回収カゴ、開閉作業を要する蓋等の強化プラスチック化）	○		○		

(2) アスタナ市下水道施設維持管理計画の提案

1) 下水処理場の概要

アスタナ市は平坦な地形であるため、中継ポンプ場を設置しないと管の埋設深が深くなる。2003年現在、37箇所の中継ポンプ場が稼働している。下水は標準活性汚泥法により下水処理場で処理されている。既設下水処理場の公称処理能力は日最大136,000m³/日であり、既設下水管総延長は227kmである。処理水は専用の貯留池であるタルデコル湖に放流されている。この貯留池は吐き口がなく、必要に応じて非常用のサイホン管により近隣の湿原に放流できるようになっている。この放流水は湿原を通過してイシム川に到達する。下水処理過程で発生する汚泥は、処理場内で処分されている。

流入下水水質は、一般的な家庭下水の組成に類似している。下水流入量は処理能力136,000m³/日に対して日平均100,000m³/日である。春先の雪解け時には流入量が増大する。2000～2001年には158,000m³/日を記録した。BODとSSに代表される放流水質は20mg/L以下であり、活性汚泥法としては十分な処理性能を発揮している。タルデコル湖放流に対しては、塩素滅菌は義務づけられていないため行われていない。したがって大腸菌群数は高レベルである。タルデコル湖水の水質は、自然浄化により放流水自体よりもかなり良くなっている。

ほとんどの中継ポンプ場がケーソンによる沈設工法で設置されており、地下躯体はRC製円形である。上部構造は小規模のものは地下と同径のレンガ積み1層構造である。中規模では、建設時期が古いものは小型のものと同様な円形レンガ積み、比較的新しいポンプ場は方形となっている。小規模～中規模ポンプ場では、横軸渦巻ポンプを使用している。大規模ポンプ場では立軸渦巻斜流ポンプを使用している。全ポンプ場で沈砂池を備えておらず、処理場まで送流する。

小規模の中継ポンプ場は巡回管理されている。中規模以上の中継ポンプ場は維持管理要員が3交代制で24時間常駐している。

次表4.2.2にアスタナ市下水処理場の基本事項と図4.2.1に処理フロー図を示す。

表 4.2.2 アスタナ市下水処理場の基本事項

項 目	内 容
用地面積	約 43ha
下水流集方式	分流式
処理方式	水処理方式；標準活性汚泥法 汚泥処理方式；濃縮＋嫌気性消化＋機械脱水
処理水放流先	タンディコル湖
計画人口	490,000人（2010年） 800,000人（2030年）

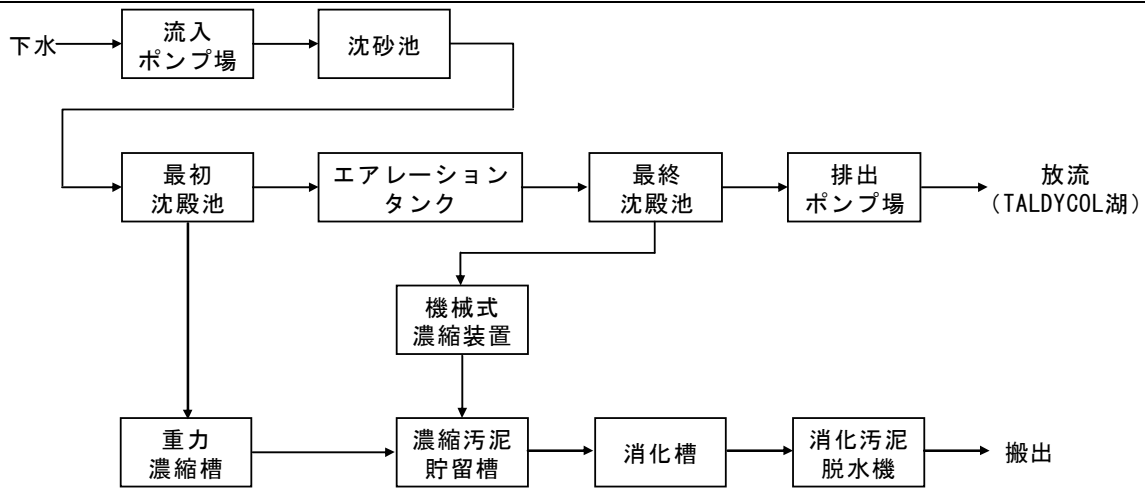


図 4.2.1 アスタナ市下水処理場処理フロー図

アスタナ市下水処理場の計画下水量、計画処理水質、施設計画汚泥量をそれぞれ下表に示す。

表 4.2.3 計画下水量

項目	下水量	
	m ³ /日	m ³ /時間
日平均	114,000	4,750.0
日最大	136,000	5,666.7
時間最大	200,000	8,333.3

表 4.2.4 計画処理水質

項目	流入 (mg/L)	1次処理		2次処理		総合除去率
		処理効率	流出水 (mg/L)	処理効率	流出水 (mg/L)	
BOD	170	30%	119	83.2%	20	88%
SS	210	40%	126	84.1%	20	90%

表 4.2.5 施設計画汚泥量

項目	汚泥量 (m ³ /日)	固形物量 (t/日)	含水率 (%)
Thickened Sludge	546	27.3	95
Digested Sludge	546	16.4	97
Sludge Cake	74	14.7	80

2) 維持管理体制

アスタナ市下水処理場の維持管理組織の職務分担と維持管理体制図を表 4.2.6 及び図 4.2.2 に示す。

表 4.2.6 維持管理体制の職務分担

担 当	職 務 内 容
総括責任者	業務の総括
副総括責任者	総括責任者の補助
庶務	調達管理及び一般事務
運転管理業務	水処理施設運転・監視・巡回 汚泥処理施設運転・監視・巡回 水質分析
保守点検業務	下水処理場の点検及び修繕等
警備・環境整備	警備、環境整備（植栽管理、場内施設清掃）

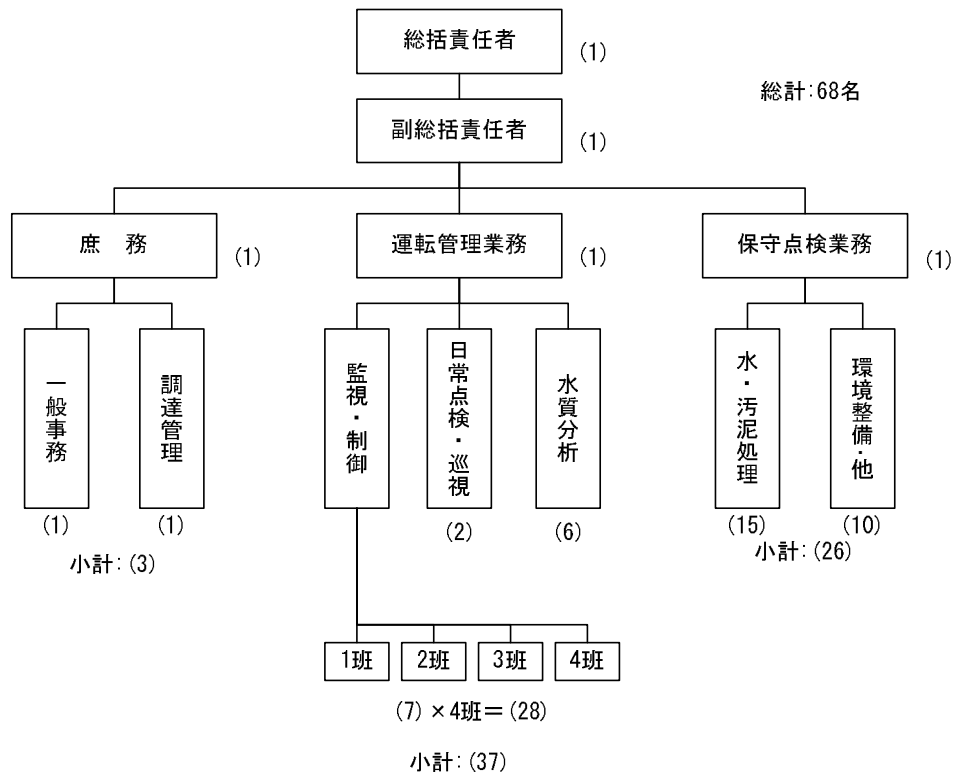


図 4.2.2 アスタナ市下水処理場の維持管理体制図

表 4.2.7 アスタナ市下水処理場の維持管理要員

職務	役職	人数	備考	
管理者	総括責任者	1		
	副総括責任者	1		
庶務	責任者	1		
	一般事務	1		
	調達管理	1		
運転管理業務	監視・制御	責任者	1	
		主任	1	
		班長	4	1名×4班
		オペレータ	8	2名×4班
		作業員	16	4名×4班
	日常点検・巡視	技術員	2	
	水質分析	責任者	1	
		分析員	3	
		作業員	2	
	保守点検業務	水処理・汚泥処理	責任者	1
主任			2	
技術員			2	
作業員			10	
警備・環境整備	環境整備	責任者	1	
		作業員	5	
	警備	警備員	4	1名×4班
合計		68		

3) 下水処理施設の運転管理手法

① 運転管理計画の立案・実施

下水処理施設の維持管理の目的は、下水処理の機能を十分に発揮させ、公衆衛生の確保ならびに公共用水域の水質保全に資することである。アスタナ市下水処理場においては、計画処理水質を確保することで、タルデコル貯留池への環境負荷の軽減を図る。

運転管理計画の立案にあたっては、設計図書および竣工図書を整理し、水質基準を遵守できるよう設備や機器類の運転操作マニュアルを作成する。

運転操作マニュアルでは、各施設や設備が機能を発揮し、良好な放流水質等が得られるように管理指標を定める。日常の場内巡視、水質分析、中央操作室での運転監視にあたっては、これらの管理指標に注意し、良好な運転範囲を維持する。この範囲を外れた場合には原因を明らかにし、範囲内に戻す操作を行なう。

電力および薬品等のユーティリティの使用量については、計画と現状を把握しながら、無駄が生じない効率的な運転に努める。

② 施設状況に応じた水質管理

下水処理施設は、下水道の普及にともない流入水量および水質が変化するので、これらの変化に応じて池の使用、送風量や汚泥濃度などを見直し、設定・確認しながら水質管理を行なう。

アスタナ市下水処理場においては、以下の留意事項が挙げられる。

- － 流入水量は、季節により変動する。特に春季には雪解け水による流入水量の増加と水温低下の影響を考慮して運転条件を定める。
- － 最初沈殿池では、夏季に汚泥が堆積すると腐敗により水処理・汚泥処理に悪影響を与える。汚泥の滞留時間に注意し、適正な汚泥の引き抜きを行なう。
- － 反応槽で窒素除去に努める場合は、夏季と冬季の運転条件の違いを十分考慮した運転を行なう。
- － 春季の雪解け水による水温低下は、最終沈殿池での沈降性を悪化させるため、活性汚泥の沈降性を良好に保つよう送風量等を調整し、汚泥流出を抑制する。
- － 重力濃縮槽は、夏季に汚泥の腐敗による浮上現象が発生しやすい。汚泥界面を低く保つ等の腐敗防止の対策を行なう。
- － 消化タンクは、可能な限り高濃度の汚泥を投入し、消化温度を確保し、ガス発生量や消化汚泥の性状から処理状況を確認する。
- － 消化が不十分となる場合には、濃縮汚泥の一部を直接脱水して消化タンク投入量を減らし消化日数を確保する。
- － 脱水設備は、汚泥性状に応じた高分子凝集剤を選定し、投入汚泥量を調整して、効率的な運転に努める。
- － 下水や汚泥中の有機物が腐敗すると、硫化水素等の腐食性ガスが発生し、金属やコンクリートの腐食が促進されるため、できる限り下水や汚泥を長時間嫌気的な状態に置かないようにする。
- － 腐食性ガスが発生しやすい場所では、できるだけ換気をよくするとともに結露を防ぐ。
- － 水質試験は、処理場機能を保つ為の運転方法を決定する為、また規制遵守の為に、結果を記録し保管する。

③ 記録の作成と管理

日誌により運転状況、点検結果を記録する。月ごと年ごとに月報、年報として週間や月間、年間の変動の傾向を把握し、次年度以降の運転に活用する。以下の記録を作成し、いつでも参照可能とする。

－ 運転記録

送風量、流量、濃度など各種の運転情報は、コンピュータと連動して記録を保持できるシステムが構築されている。これらのデータは、日間・週間等の間隔

で運転状況を解析し、より安定した運転を行なう。

－ 水質管理記録

水質管理の記録は、水質分析結果と運転記録を合わせて検討することで、はじめて有効な情報となる。信頼性に足るデータを最小限度の手間で得られるような項目と頻度を設定し、確実に運転に反映する。採水や試験については、その実施手順を定め、信頼性を確保する。

－ 保守点検記録

保守点検記録は、設備台帳を利用し情報を蓄積する。これらの情報は、更新計画策定等の基礎資料として活用する。

－ 事故記録

故障や事故は、故障警報の発報や運転管理の中で発見する。この場合は直ちに現場に赴き対策にあたるとともに、事故・異常事態の状況を確認し、その過程を記録する。これにより、根本的な原因を明らかにし、対策を立案することが可能になる。

4) 下水処理場の保守管理手法

① 状態基準保全の導入

施設のライフサイクルコストは膨大な金額になることから施設管理の合理化による費用削減が大きな課題となる。その面では施設全体を常に同じ考え方や同じ方法で画一的に維持管理し続けるのではなく、施設の重要性に見合った管理方法や、施設の劣化状態を踏まえた点検・検査方法の導入、見直しなど施設管理の効率化を図り、施設管理の経済性（費用対効果）も勘案した施設管理が重要である。

保全管理方式には、下図 4.2.3 に示すような様々な方式がある。一般的にはこれら管理方式を組み合わせた保全を行うが、特に状態基準保全を組み入れることで保全費の削減が期待できる。保全管理方式の詳細については、次表 4.2.8 に示す。

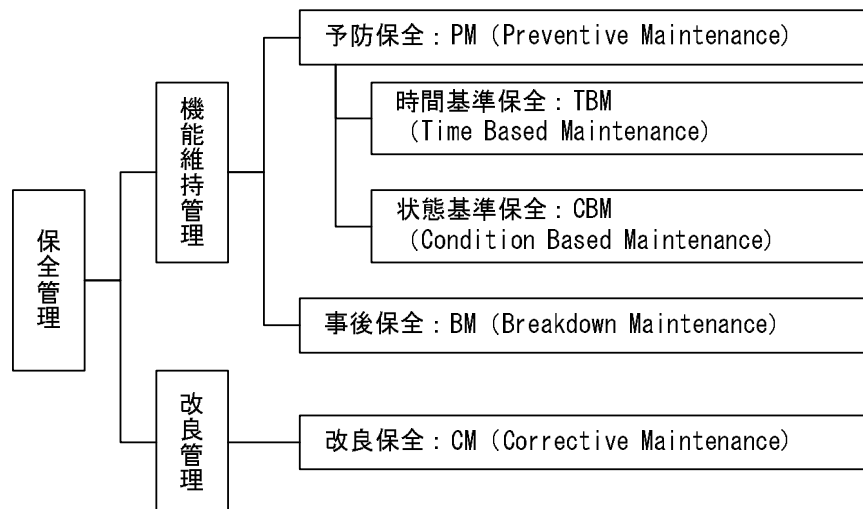


図 4.2.3 保全管理方式

表 4.2.8 保全方式の特徴

機能の維持管理	予防保全 (PM) (Preventive Maintenance)	時間基準保全 TBM (Time Based Maintenance)	<p>故障停止や機能停止を未然に防止する必要のある設備に適用 周期を決め、周期にしたがって修理・取替えなどを行う</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周期が設定しやすい故障（寿命）特性、バラツキが少ないもの ・点検せずに定期交換した方がメリットのあるものに適用する <p>保全方法：その設備の劣化に最も比例するパラメータ（処理量・運転時間等）で修理周期（理論値・経験値）を定め、周期まで使用したら無条件で修理を行う</p> <p>適用範囲：周期設定がしやすく、寿命バラツキの少ないもの</p> <p>長 所：点検などの保全手間が少なく、故障も少ない</p> <p>短 所：オーバメンテナンスとなり、修理費が増加する傾向</p>
		状態基準保全 CBM (Condition Based Maintenance)	<p>劣化の状態を調べるための点検や、点検に基づく修理などを行う</p> <ul style="list-style-type: none"> ・劣化状態を見ながら修理時期を決めた方がメリットのあるもの ・劣化傾向が一定でなく周期が決まらないもの ・劣化が少なく周期が決まらないものに適用する <p>保全方法：設備の劣化状況を設備診断技術を用いた各測定データとその解析によって把握し、劣化を示す値があらかじめ定めた劣化基準に達したら修理を行なう</p> <p>適用範囲：寿命バラツキが大きく、劣化診断パラメータとその判断基準が確立されているもの</p> <p>長 所：TBMの短所であるオーバメンテナンスを防げる</p> <p>短 所：監視システムの設置にコストがかかり、TBMに比べて保全のマンパワーを要す</p>
改善管理	事後保全 (BM) (Break down Maintenance)		<p>故障してから修理を行なうことで</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事後保全の方がメリットのあるもの、つまり故障しても他に与える影響や損失が小さいもの ・劣化傾向のバラツキが大きく、点検・検査ができないものに適用する <p>保全方法：定期点検・定期取替えをまったく行わず、設備が故障（機能停止）してから復旧工事を行なう</p> <p>適用範囲：処理システムへの直接的影響のないもの、修繕費用が保全費用より安いもの</p> <p>長 所：寿命まで使い切るため、2次故障がなければ保全費・修理費とも安い</p> <p>短 所：故障が増加し処理工程に与える影響が大きく、エネルギー原単位なども低下する場合がある</p>
		改良保全 (CM) (Corrective Maintenance)	<p>寿命延長や修理時間短縮等の対策や、費用を低減するための対策をする保全方式</p> <ul style="list-style-type: none"> ・寿命が短い、故障頻度が高い、故障の修理費が高いもの ・修理期間が短い、他に与える影響が大きい、メンテナンスコストが高いもの ・劣化傾向のバラツキが大きい、点検・検査がしにくいものに適用する。

状態基準保全の具体的事例としては、潤滑油診断技術（鉄粉濃度診断）を挙げる。潤滑油中の鉄粉濃度（潤滑油中の微量鉄粉濃度を検知する）で回転機の軸受、歯車、シリンダー等の磨耗状態を診断することが可能である。

以下に参考として潤滑油鉄粉濃度測定例の特徴を述べる。

- ・ 振動法では難しい超低速回転領域の異常診断が可能である。
- ・ 潤滑油は、摺動発熱や水分等の混入により劣化する。適正な潤滑性能を維持することによって機械の延命化が図れる。
- ・ 機械に異常摩耗（損傷）が生じて摩耗が増加すると、潤滑油中の摩耗粒子の量も増加するので、異常を的確に発見することが出来る。
- ・ 摩耗粒子の金属元素や粒子形状を分析することで、どの箇所がどのような摩耗状態にあるかを推測することが出来る。

② 設備管理台帳システムの導入

設備管理台帳は、下水処理施設の定期点検、修繕、故障等の履歴、改築履歴、各種実績データ、維持管理情報等の履歴を記録・整備するものである。下表 4.2.9 に設備管理台帳の一般的な記載内容を示す。

表 4.2.9 設備管理台帳記載内容

台帳名	内 記	記 載 内 容
機器台帳	主要機器	機器名称, 機器分類, 用途, 設置場所, 設置年月日, 機器仕様, 形式, 製造年月日, 製造会社, 施行業者, 機器経歴, その他特記事項
	付属品等	付属品名称, 付属品仕様, 数量, 製造会社, その他特記事項
	予備品・消耗品	部品名称, 部品仕様, 数量, 保管場所, 交換頻度, その他特記事項
	点検整備記録、故障・事故履歴含む	点検・工事等の区分, 点検(工事)内容, 点検(工事)日, 工事費用, 点検管理記録 発生箇所, 内容, 対策, 発生月日, 対策月日, 対策費用
工事台帳	—	年次毎の工事内容, 事業費等

設備管理台帳を有効に活用（台帳情報を統計処理するなど）することにより、点検時期・修繕時期等をより適正に判断することができ、設備管理費の低減化、管理の効率化、管理精度の向上等、設備管理の総合的な向上が図れる。

また、設備の長期的な劣化傾向や管理限界の予測並びに余寿命把握が容易となり、設備の長寿命化、ライフサイクルコストの縮減化に活用できる。

設備管理台帳に蓄積された膨大な量の情報の整備・保管・活用を、計画的・体系的に、しかも迅速・効率的に行なうには、コンピュータを利用した設備管理台帳システムの導入が望ましい。

5) ユーティリティ調達及び使用量の算定

設計流入水量及び水質（136,000m³/day, BOD170mg/L, SS210mg/L）の条件にて、脱水設備の高分子凝集剤使用量と下水処理場の電気使用量の算定結果を以下に示す。

表 4.2.10 薬品使用量

薬品名称	使用量	備考
高分子凝集剤	450kg/day	注入条件 添加率 1.5ppm

表 4.2.11 電気使用量

施設名称	設備区分	使用量[kWh/day]
下水処理場	流入ポンプ施設	9,300
	水処理施設	26,000
	放流ポンプ施設	9,200
	汚泥処理施設	5,200
	ボイラー施設・その他	6,800
下水処理場使用量合計		56,500
単位処理量当りの電力原単位（放流ポンプ含む、kWh/m ³ ）		0.42
単位処理量当りの電力原単位（放流ポンプなし、kWh/m ³ ）		0.35

同処理場は放流ポンプが取り付けられている関係で、表 4.2.11 で分かるように 0.42 kWh/m³ と少し大きい方であるが、放流ポンプを除くと 0.35 kWh/m³ と一般的な活性汚泥法と同等の水準である。参考として、今回調査したベトナム及びインドネシア各処理場の原単位との比較も図に示す。

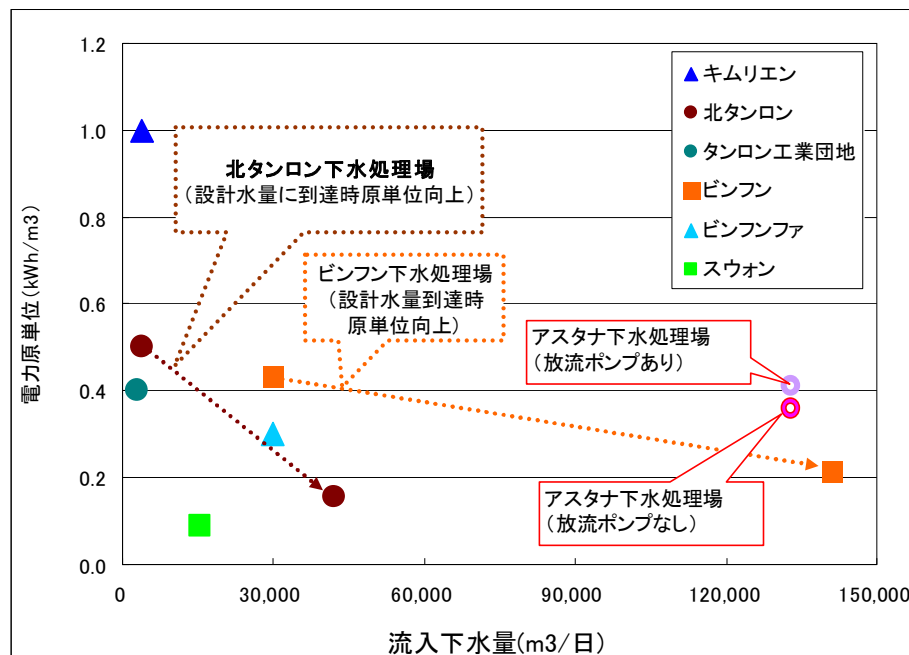


図 4.2.4 アスタナ下水処理場の使用電力原単位

6) 維持管理計画

アスタナ市下水道施設維持管理計画（業務履行計画書）を資料-5 に示す。

4.3 下水道事業に対する提案

(1) 上下水道の料金体系・水準

アスタナ市の上下水道料金は、冷水（温水と区分して、cold water）料金が設定されているが、負担の公平性から、1グループ（一般家庭・商工業を区分しない）で累進性のない単一料金体系を採用している。（表 4.3.1 参照）

活性汚泥法の OM コスト（資本費を除く）は、ベトナム国における試算値（電気料金単価 0.05US\$/kwh で試算）では、0.1US\$/m³の水準にあることから（図 4.3.1）、アスタナ市の下水処理や中継ポンプ場などの下水道施設の維持管理費用を、0.06 US\$/m³の下水料金で賄うと仮定すると、収入の不足が課題となる。

表 4.3.1 上下水道料金

区 分	料金		備 考
	(KZT/m ³)	(US\$/m ³) *	
Cold water	23.15	0.15	料金体系 一般家庭/商業の区分なし 累進性なし(フラット)
上水 (58%)	13.43	0.09	
下水 (42%)	9.72	0.06	

* 1 US\$=150KZT で計算

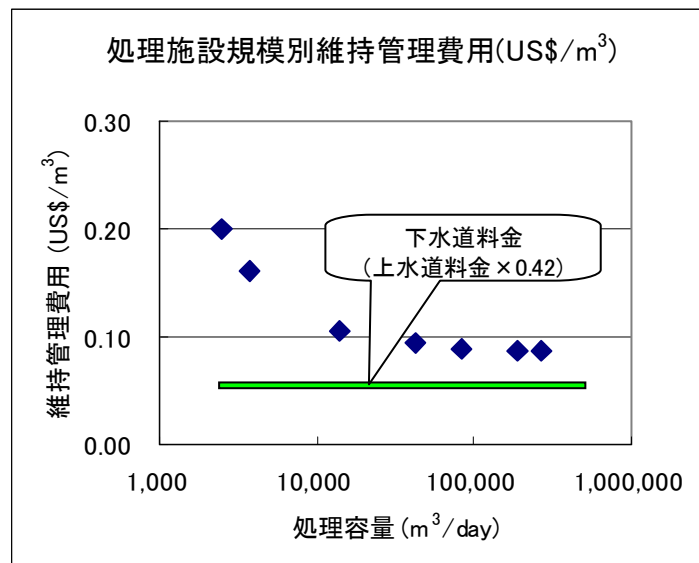


図 4.3.1 下水道施設規模による維持管理費用（ベトナム国の例）

経営改善に関しては、維持管理計画の詳細な検討及び維持管理コストの削減に加えて、料金体系・水準の見直し、費用負担に対する住民理解が不可欠である(表 4.3.2)。

表 4.3.2 経営改善の骨子

課 題	経営改善の内容
収入不足 低い料金水準 単一の料金体系	財政計画：中長期の収支構造を分析する（財政シミュレーション） 料金水準：適切な料金水準 料金体系：内部補助制度（富裕層、商業・オフィスビルから、低所得層への内部補助効果を有するきめ細かな料金体系とする）
維持管理計画	処理機能を確保しつつ、維持管理コストを削減する。
住民理解の不足	水環境改善効果に対する住民理解を醸成し、費用負担の理解を求める。

(2) 事業場排水対策・都市開発プロジェクトとの連携

事業場・工場排水中の硫化物や水温の影響が報告されている。管路・下水処理施設の保全や生物処理に与える影響を未然に防止するため、水質基準に関する事業場排水対策を制度化することが効果的である。(参考：Appendix 下水道条例)

アスタナ市では、首都の機能が拡大し人口の増加が著しい。都心部では、大規模の都市開発事業が進められている。下水道計画と整合させた管路施設の整備を開発者に求めることで、開発者は個別処理施設の建設・維持管理の負担が軽減され、また行政側は下水道の普及拡大及び事業費用の軽減が可能になる。

(3) セプティックタンク汚泥の受入れ

都市周辺部の住宅地は、個別処理施設で排水処理を行っている。セプティックタンクの管理及び汚泥引抜きは、住民の負担の問題や嫌気性消化が進行した汚泥の処理特性の問題から、汚泥処理施設を設けることは非効率である。住民へのサービス向上や汚泥処理施設への投資を回避する為、下水処理施設で汚泥を受け入れて処理することが合理的である (Appendix セプティックタンク汚泥の受入れ)。

4.4 PPP の導入検討

(1) PPP の概論

市民の生活を支える社会基盤事業である上下水道事業は、公益性が高く施設整備に長い時間と多くの資金が必要とすることから、行政の事業として位置付けられてきた。しかし、海外の先進国では施設老朽化による施設更新、環境・防災対応に対する投資、技術者の減少・高齢化等の経済的・技術的な理由で、民間の資金、技術力及びノウハウ等の民間活力を導入し、官・民連携で事業を運営する PPP 方式 (Public Private Partnership) が適用されている。開発途上国においては、初期投資資金の確保、技術及びノウハウ等を補完するため、PPP 方式が活用されている。

PPP とは、1990 年代に入りイギリスで多様な公共プロジェクトに適用され、現在イギリスの公共投資のうち約 10～13% が PPP 方式により運営されている。

OECD は PPP を病院、学校、刑務所、道路、橋、トンネル、鉄道、水道、廃棄物処理施設等の行政が提供してきたインフラ資産とサービスを民間が提供する制度として扱っている。民間には企業、NGO、宗教団体、研究所、大学等が含まれる。

経済産業省「アジア PPP 研究会」報告書は、PPP を次のように捉えている。

経済成長の源泉として、「市場」と「競争」を通じ、公共サービスの効率性を向上させるとともに、新たな雇用を創出し、新たなサービス産業を創出する公共サービスの民間開放のことである。なお、その際、官と民が協働して、リスクとコストを応分に担い、例えば、官が基礎インフラを整備したり、規制ルール作りをしたりして、市場において相互的な補完を行うことが、PPP の特色である。PPP と PFI との違いについては、PFI とは、当該案件全体を民間企業が市場メカニズムにおいて実施することである。すなわち、当該案件は商業性があるため、収益構造についての特段の政府の関与がなくとも民間企業がその全体を実施することにより利益を上げられる場合と言える。PPP は、政府が適切に介入することにより、このように、民間企業のみが実施した場合には赤字になる案件について民間企業が利益を上げることを可能とし、また、黒字になる場合であっても市場強化措置を通じてその効率性をさらに向上させる手法である。

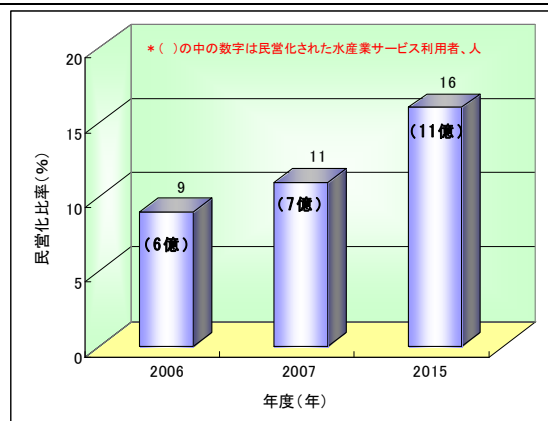
国際社会は民間の創意、資金、技術・ノウハウの導入が開発途上国における開発援助の効率性を極めることに寄与するとの立場で、PPP の重要性を主張してきた。2000 年に宣言された新千年開発目標 (Millennium Development Goals, MDGs) は、開発の為に民間企業と市民社会の幅広いパートナーシップの実施が 8 番目の目標に位置づけている。2002 年に開催された UN 開発財源国際会議 (International Conference on Financing for Development) では、開発の為に国内外の民間の投資を活性化させる政府の政策改革が強調された。

上下水道事業は、多くの国で国又は自治体によって管理されてきた。2006 年までは、世界人口の約 91% が行政によって管理される水道サービスを利用した。しかし、水不足及び国の投資のための財源不足が深刻化し、水道サービスを民間に開放

する国が増えてきた。世界水年報 (Pinsent Mason's Water Yearbook) によると、図 4.4.1 に示すように、2007 年度には世界人口の 11% が民営化された水を飲み、2015 年には人口の 16% が民営化された水を飲むと予想している。

PPP の方式は、国及び事業方式等により様々な方式がある。世界銀行は、表 4.2.1 のように PPP 事業方式を分類する。民間事業者がインフラ施設を新設する場合 (Greenfield project)、民間事業者が既存施設を改築・更新する場合 (Concession) 及び民間事業者による施設の委託管理・運営する場合に分類され、事業権の所有に関係しない分類方式である。

イギリスでは、民間が収入を得る方式により、直接需要者から料金収入を得る場合を BOT 方式、政府又は自治体から収入を得る場合を PFI と分けている。BOT 方式は事業権が契約期間中には民間に移され、民間が事業を行ない投資分と利益を回収する方式である。PFI 方式は、国又は自治体が行なう公共事業に民間の資金を投入し事業を行なう方式である。収入は、需要者から徴収せず、国又は自治体から得る。



*世界水年報から

図 4.4.1 世界水産業の民営化比率及び利用人口 (水道)

表 4.4.1 PPP の事業方式

区 分	内 容
Greenfield project	民間が新規にインフラ施設を建設後、一定期間運営する。 * BOT (Build-Operate-Transfer) BOOT (Build-Own-Operate-Transfer) BOO (Build-Own-Operate) BTL (Build-Transfer-Lease) 等
Concession	既存公共施設を民間に移転し、再建設・改築し一定期間運営する。 * ROT (Rehabilitate-Operate-Transfer) 等
Divestiture	民間が、政府資産を購入、または持分を買収する。
Management & Lease Contracts	一定期間、民間が公共施設を管理・運営する。 * 単純施設管理・設備運営契約は除外

(2) アジア、インドネシア及びベトナムにおける PPP の現状

1) アジアにおける PPP の現状

アジアの開発途上国の PPP 市場は 1997 年の通貨危機以降、急激に減少したが、最近全般的に回復している。

アジア全体の上下水道 PPP 事業は、投資件数は 148 件、全事業の 13.3% を占める。投資金額では、約 237 億 US\$ で 7.9% を占める。件数及び金額共に、他の事業と比べると少ない。(図 4.4.2 参照)

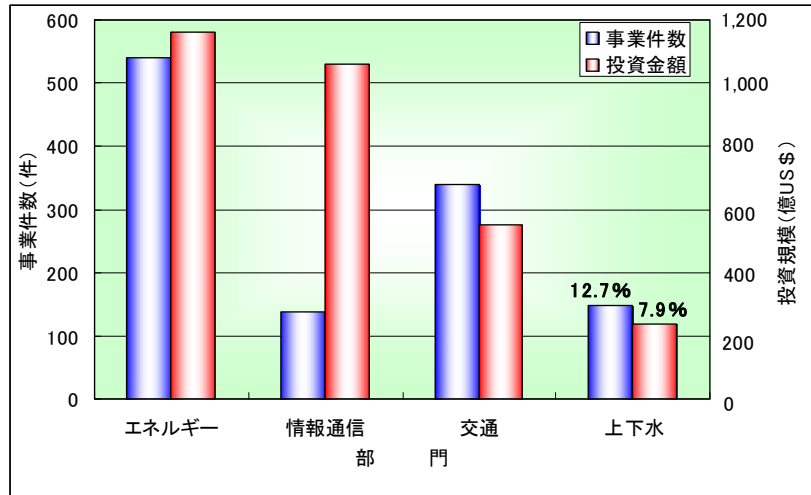


図 4.4.2 アジアにおける部門別 PPP 投資現況 (1999~2005)

地域別・部門別では、1990~2005 年の事業数では東アジア (主に中国) が、投資規模では東南アジア (インドネシア、フィリピン、マレーシア、ベトナム、タイ等) が多数を占めている。両地域共にエネルギー、交通事業が大きく、東南アジアでは単位事業規模の大きな情報通信の投資が比較的大きい (図 4.4.3 参照)。また、上下水道事業は、件数で 8.6% (31 件)、投資規模で 13.0% (約 194 億 US\$) である。

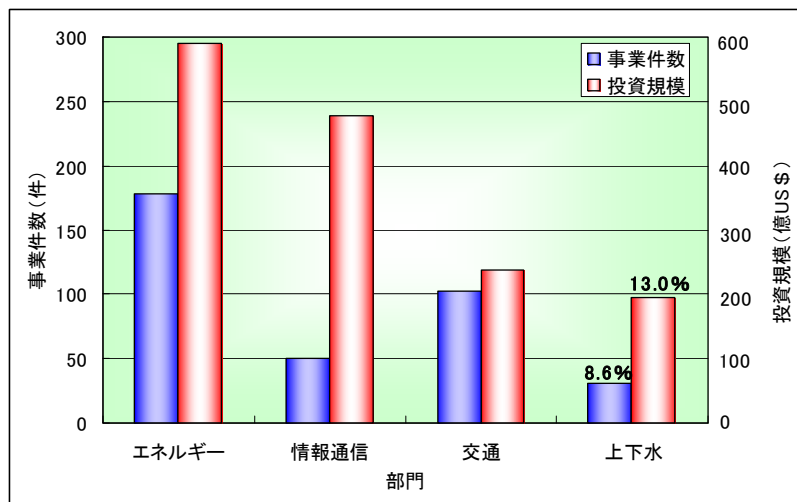


図 4.4.3 東南アジアにおける部門別 PPP 事業件数現況 (1999~2005)

2) インドネシア国における PPP の現状

インドネシアでは、インフラ開発推進委員会 (National Committee for the Acceleration of Infrastructure Provision) が国の機関として設置されて、インフラ推進関連戦略の樹立、総合調整及び実行計画立案等の機能を担う。同委員会は経済調整部 (委員長)、発展企画部、内務部、財務部、エネルギー部、公共事業部、交通部、情報通信部、内閣部等で構成されている。PPP の投資対象としては、港湾、空港、鉄道、有料道路、橋、灌漑、上下水道、情報通信、発電所、原油・ガス等である。

Greenfield Project の投資規模は、1990～2005 年で 34 件、175 億 US\$ であった。アジア全体の同期間中の事業費 1,991 億 US\$ (732 件) の 8.8% を占めている。事業規模の大きいエネルギー、通信分野の投資が多い (表 4.4.2～3 参照)。PPP 事業全体では、1990～2005 年でアジア全体の投資規模は 1,166 件、3,008 億 US\$ で、インドネシアは 68 件、326 億 US\$ であった。

上下水道分野の PPP 事業は、Greenfield Project が 4 件、Concession が 3 件、計 7 件であった。投資金額では、各々 1.6 億 US\$、8.3 億 US\$、計 9.9 億 US\$ であった。今回調査したタンゲラン市チョコレート浄水場も、TKCM 社による Concession 方式 (ROT) の PPP 事業の一つである。ジャカルタ市は、オンデオ等に水道事業を委託した 2001 年以後、毎年約 30% 以上の水道料金値上げを課題としている。

表 4.4.2 インドネシアにおける部門別 PPP 投資件数 (1990～2005 年) (単位: 件)

分 野	Greenfield Project	Concession	Divestiture	Management & Lease	合 計
エネルギー	19	—	2	1	22
通信	8	6	3	—	17
交通	3	19	—	—	22
上下水道	4	3	—	—	7
合 計	34	28	5	1	68

* 世界銀行 PPP Database より

表 4.4.3 インドネシアにおける部門別 PPP の投資金額 (1990～2005 年) (単位: 百万 USD)

分 野	Greenfield Project	Concession	Divestiture	Management & Lease	合 計
エネルギー	12,063	—	487	—	12,549
通信	5,126	4,830	6,891	—	16,846
交通	164	2,073	—	—	2,237
上下水道	160	832	—	—	992
合 計	17,512	7,735	7,377	—	32,624

* 世界銀行 PPP Database より

3) ベトナム国における PPP の現状

ベトナム国は 1986 年のドイモイ政策 (Doi Moi Policy、刷新政策) を経て、急速に市場経済化に移行している。インフラ投資需要は、経済成長により大幅に増加すると予想されるが、行政の独占、低い料金水準、PPP に対する理解不足等で、PPP 事業の実績は少ない。

全インフラ需要に占める 2003 年度の民間投資は、16% 程度の水準であった。(2005 年度ベトナム国の社会基盤施設計画報告書、世界銀行)

1990～2005 年までの総民間投資は、32 億 US\$ である。ASEAN 国家の中では最も低い水準で、アジア全体の 2% 未満である。また、1990～2003 年の PPP 事業投資比率では、81% がエネルギー分野に投資され、上下水道事業は約 2% と低い水準である。

(図 4.4.4 参照)

ベトナム国政府は、インフラ部門に対する PPP 事業に積極的であるが、PPP 事業投資時には、規定、料金制度・制約条件の現地情報を把握することが重要である。

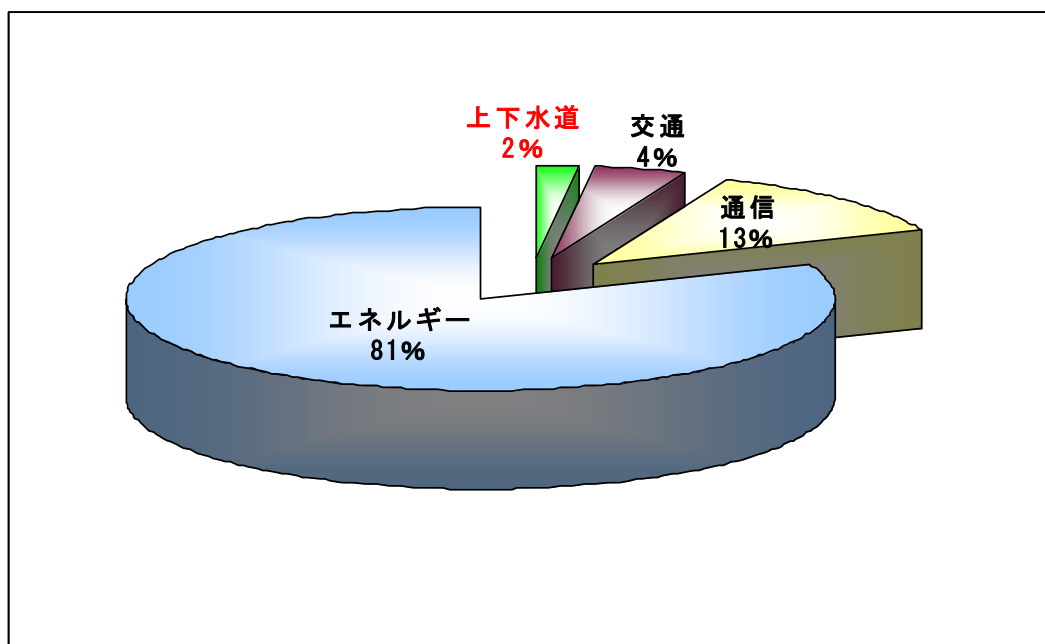


図 4.4.4 ベトナム国における部門別 PPP 投資現況 (1990～2003)

(3) 海外企業 (本邦企業) の PPP 事業参入に係わる障壁

1) 該当国の制度・規制による障壁

ベトナム政府はインフラ部門に対する民間資本獲得に積極的であるが、外国企業進出時の現地規定等に制約が多い。上下水道部門では、2005 年の ADB の報告書によると、

- ① 大都市の下水処理場の民間会社による運営を、禁止している。大都市の上水

事業では、50%以上の政府持分（Joint Stock Company）を義務付けている。

- ② BOT 事業及び維持管理契約の成功事例が無い
- ③ 投資資金回収の為に戸別給水（小売）を禁止し、自治体に対する卸売り（Bulk Water）のみを許可している。

等の障壁が報告されている。（Vietnam Private Sector Assessment, ADB, 2005）

ベトナムの例のように PPP に積極的な国においても、制度・規制が、海外・国内企業の PPP 事業参加を防げる要因になる場合が多い。

PPP を促す為には、民間企業の参加を妨げる非効率的な各種制度・規制の見直しを行なう必要がある。また、PPP 事業に参入しようとする海外・国内の民間企業は、資金調達等を含む効率的な事業計画を策定できる運営能力を向上させなければならない。

ジャカルタ市の水道事業のように、誤った事業予測により発生する不足資金を需要者である一般市民に転嫁し料金値上げを強いることは、PPP に対する反対世論を起し、将来の PPP 事業展開を難しくする原因となる。民間企業も、適正に事業計画及び資金計画を予測することで、料金の値上げを最小限に抑える努力が必要である。また、費用削減努力を適切に行なわず、質を落とすことで費用削減を図ることは、民間企業の事業運営に反対意見が生じる。真の民間活力を導入し VFM（Value for Money）を出す工夫をしなければならない。

2) 政府機関の支援

開発途上国における PPP は、先進国と異なり、PPP を実施する当該国と援助国との複雑な関係がある。即ち、先進国の PPP は行政と国内外の民間企業との協働であるが、開発途上国では援助国と国内外の民間企業という複雑な関係が予想される。

スエズ、ヴェオリア等の欧州のグローバル水企業の海外市場への成功は、EU 各国政府や関連機関の広範囲の支援が支えていると言われている。本邦企業が開発途上国における PPP 事業に参加するためには、政府の支援体制及び協働関係が不可欠である。

「アジア官民パートナーシップ研究会」の最終報告書（2005、経済産業省）は、アジア PPP 事業参加のために、次の取り込みが必要であると報告している。

- － 日本政府による構造改革
- － 日本民間企業による経営改革
- － 日本政府と日本民間企業との協働

3) PPP 契約条項の留意事項

PPP 事業における契約では、政府が適切に介入することで、「商業性」に欠ける公共プロジェクトにおいて「市場」と「競争」を通じ公共サービスの向上性と民間企業の収益を確保する観点での契約とすることが重要である。このため、公共と民間企業のリスク分担について、より適切にリスクを管理できる側がそのリスクを負担するように契約内容（免責・罰則・賠償等）を定める必要がある。事業の公益性を確保しなければならない公共事業体と、要求されるサービスを確保した上で収益を確保していく民間企業が、協働して目的を達成するために不可欠のものである。

上下水道事業を PPP 事業で実施する場合、対象施設の条件や契約の範囲に応じて、次の事項に留意する。

①事業の進捗または遅延

建設事業（新設）を含む PPP は、処理場用地の確保、上水道では水道水源の確保、下水道事業では放流先の同意等で、事業の進捗に影響を与えることがある。契約工期の遅れについて、責任及びペナルティー基準を明確にしておく。また、事業が進捗する場合には、補助金、起債等の公共側の資金計画が追従可能であるか、注意が必要である。

②事業費用の増嵩

物価変動及び現場条件が予想を超えて事業費の増嵩に影響する場合、負担のあり方を明確にする必要がある。

- ・物価の上昇：従来の一般的な公共事業においては、公共と民間企業が比率を定め共に負担するのが一般的である。民間企業にリスクを過度に転嫁させると、料金上昇の要因になる為、適切な比率等を定めておく必要がある。
- ・予想外の条件：例えば、各戸に給水する配水管整備事業では、工事条件に関する調査が不足することに起因して、予期しない費用が生じるリスクに注意する。

このような事業費用の増大に関するリスクは、公共、民間企業共に予測が難しい。そのため、公共と民間企業の費用負担方法について、明確な取り決めが必要である。

③事業の中断

事業中断の要因としては、自然災害等の不可抗力による場合或いは民間企業に責任がある場合が想定される。事象に応じてリスク分担を明確にしておき、免責条件や

罰則内容を定める必要がある。民間企業は、賠償について保険等で対応できるかを把握しておくことも必要がある。

④収益性の確保

PPP 事業で VFM (Value for Money) 等を算定する場合、民間企業の収益機会を確保できる契約条件の整備が必要である。

⑤設備機能の確保

既存施設を PPP 事業とする場合には、設備機能の水準とその範囲に対して、官民のどちらがどの機能水準までの責任を持つのか、事前に明確にしておく。民間企業がリスクを負担する場合には、契約前に機能診断を行って設備機能の不備について、公共側に改善を求める。公共側は、契約前および終了後に設備の機能を診断し、適切に維持管理されているかモニタリングする。

契約履行後においては、民間企業は、設備機能を確保する責任があるため、保険等で対応できるようにしておくことも必要がある。

⑥水質等の性能未達

公共側は法定水質や契約水質等の性能が達成されない場合、支払い費用の減額等について、ペナルティー条項とする。民間企業は、その原因に対して保険適用が可能かどうかを把握する必要がある。

下水道事業では、水質事故・雨水の流入など、管路施設に起因するリスクがある。流入水質に対する責任や管渠の管理責任について、公共と民間の責任範囲を明確にしておくことが必要である。

(4) 本邦企業による PPP 事業への参画方法

PPP は、当該国政府又は自治体と国内外の民間企業との、技術支援、委託運営、インフラ施設の新設・改築・更新、資金供与及び事業代行等を含む広範囲な協働関係をいうものである。

前述したように、アジアでの上下水道事業を含む環境インフラ事業は、他分野の PPP 事業に大きく遅れているのは、商業性分野 (Commercially Viable) と認められないと考えられるからである。従って、本邦企業は段階的な市場参加により、当該国の PPP 市場を均てんすること（「したたり落ちる」ことによって全体に広まること）が重要である。

PPP 参加の段階としては、技術・ノウハウ支援、技術移転、および施設整備、運営

サービスを含む全面的な事業参画等の3段階に分けられる。

1) 技術・ノウハウの支援

上下水道事業を含む各種環境インフラ事業の計画、設計及び建設の各段階に参加し、日本の優れた技術・ノウハウを支援することで、日本の技術力を認識させることが必要である。又、既存施設の機能調査及び改修・更新計画等を支援することは、その後事業化される工事等の受注にも役立つと考えられる。このような技術・ノウハウ支援に必要な費用等を、政府援助で支出することも一つの支援策である。

2) 技術移転

各種環境インフラ施設の立ち上げ及び施設管理・運営技術を移転することで、開発途上国の技術力を向上させる。本邦民間企業が運営・サービスを含む全面的な事業に参加する時点では、施設維持管理を任せる現地技術者を育成することになる。このことは、優秀な現地の人材及び企業の関わりが無いと、本邦企業単独によるPPP事業参加が不可能だからである。

技術移転においては、日本政府の支援と技術力ある本邦民間企業の緊密な協働が効果的である。即ち、本邦民間企業は、政府の支援下で、現地法人又は現地企業と共同企業等を設立し、PPPの基本形である委託運営等の事業に参加する。この段階で本邦民間企業は、現地の実情を把握し、諸問題の解決策を見出し、事業コスト縮減に関する様々な課題解決のノウハウを取得することができる。

3) 全面的なPPP事業への参画

施設整備、運営サービスを含む全面的な事業参画の段階では、技術・ノウハウの支援、技術移転で得られた維持管理事業の各種情報・人材等を結集し、提案型PPP事業を遂行する。今回の調査でも明らかになったように、当該国政府で計画・設置された施設は、周辺環境が未成熟で、性能を発揮できない施設もある。事業性を確保できる事業を計画し提案することで、持続的な事業運営（商業性）が可能である。

これらの段階を踏まえた参加方式により、民間企業のリスクが減少し、国・市民の追加費用が不要となり、真に公共サービスの効率性を高めることが可能となる。

(5) アスタナ市におけるPPPのあり方

アスタナ市では、遷都後、急激な人口増加が続いている。2008年4月時点で人口は610,679人で、新首都開発マスタープラン（表4.1.2及び4.1.4参照）2020年度の計画人口に相当し、今後も人口増加が著しいと想定される。既存の浄水場及び下水処理場は、供給・処理能力の不足に陥ることが危惧される。浄水場、下水処理場・管路施設の拡張が、必要になる。

しかし、現在の上下水道料金（上水：0.09US\$/m³、下水：0.06US\$/m³、表4.4.1参照）は、維持管理費用も賄えない水準であるので、施設の増設及び更新に市財政からの投資が必要である。上下水道施設の設置・運営は、莫大な資金を要するが、他

のインフラ事業も不可欠であり、上下水道事業に集中した投資を期待できない。

これらの課題を解決する方法として、PPP による上下水道施設の増設及び新設は有効な解決策である。開発途上国の多くの事例で明らかのように、料金収入で商業性が見込められる水道事業では民間資本による投資が行なわれている。国・自治体の財源補填を必要とする下水道事業では、PPP の事例は限定的である。民間企業が投資したとしても、多くの上水道 PPP 事業で社会問題化している急激な料金値上げ等が危惧されることから、運営可能な PPP 事業の検討が必要である。

アスタナ市の上下水道事業における適切な PPP 事業方式としては

- ① 上下水道を一体化した PPP 事業。PPP 事業者が水道事業と下水道事業を一つの事業として運営させることで、下水道事業単独での事業運営の破綻を防ぐ。
- ② 上水道においては民間事業者が、戸別給水を行わず、市に供給 (Bulk Water) する。市が戸別給水を行なうことで、急激な料金値上げを防ぐ。
- ③ PPP 参加企業は、適切な利益を保証することで、常時サービスの質を保つための投資を義務付ける。
- ④ 市の財政負担を軽減する為に、事業前に上下水道料金水準・料金体系を適正にし、市の事業損失額を最小限に抑える。

等の枠決めが不可欠である。

第5章 まとめ

5.1 開発途上国における下水道事業の課題と解決の方向性

(1) 開発途上国における下水道事業のあり方

開発途上国における大都市の下水問題は、未処理汚水による環境衛生の悪化・水資源の汚濁及び地下水の汚染、雨水排除システムの不備による浸水被害及び交通渋滞等の環境問題から経済活動まで広汎に影響を及ぼす。都市の浸水被害は、市民生活・交通、企業活動のみならず、国・地域の安全管理体制にも影響を与える。汚水は排水施設を介して河川等の水域に排出されており、良好な環境が維持出来る地域と排水された汚水の影響を強く受ける地域を総合的に勘案した排水対策を進める必要がある。

歴史的に、下水道事業には住民や行政の負担能力に限りがあり、社会基盤事業の中でも優先度の低い事業として放置されてきた。現地調査を実施したハノイ、ホーチミン、ジャカルタ、ジョグジャカルタは、ようやく一部地域の下水道が整備・運用されている。しかし、住民の負担能力・負担の意思は、下水道の運営費用に比べて、極めて低い水準にある。住民の負担能力と地域のニーズに応じた政策ゴール及びツールを峻別し、下水道整備計画を策定することが重要である。また、生活水準や所得に応じた下水料金体系は効率的な制度であると言える。

ジャカルタの事例では、商業施設・オフィスビル等が主たる負担者となる料金体系を構築している（§2.1.5(2)）。都心部は、富裕層・商業施設から一般家庭に対する内部補助の料金制度を採用することで、下水道の整備・水環境改善を図ることを提案した（§2.2.2）。ジョグジャカルタでは、河川浄化計画と連携し、下水道の水環境改善効果・地下水汚染対策の効果が理解され、下水道料金の大幅な改定が進められようとしている（§2.1.5(2)）。

ジョグジャカルタ都市圏を構成する自治体は、種々のインフラを広域的に整備・管理していく組織を構築している（§2.1.2,(3)）。下水道についても、財政・住民理解を得つつ、下水道整備区域の拡大を計画している。現時点では、人件費の補填や維持管理における州政府の補助金が不可欠であるが、世界的な観光地を保全するために、商業・ホテルから一般家庭への内部補助の料金体系とすることで、自立可能な下水道経営・料金制度を提案した（§2.2.3）。

ハノイ・ホーチミンは、下水道経営と料金制度が乖離し、住民サービスに深刻な影響を与えることが懸念される（§3.2.4）。下水道の機能を確保しつつコスト縮減を図るための統合遠方監視・制御システム（§3.2.1）、維持管理計画を提案した（§3.2.2）。また、下水道の整備計画に関すると、都心部の商業地区を中核とした地域において商業から一般住宅への内部補助を考慮することで、運営可能な下水道経営計画を提案した（§3.2.4）。下水道サービスを提供し市民に下水道料金を賦課する

ためには、市民理解が不可欠である。下水道整備計画と料金制度・住民理解の構築は、下水道経営の重要な要素である（§ 3.2.5）。

下水道普及による水環境の改善効果は、住民の直接的な生活環境改善のみならず、行政区域を超えて河川流域の広汎な地域に現れる。従って、下水処理施設や幹線管渠の建設は国及び州レベルの自治体が負担し、枝管の建設及び各種施設の維持管理は各自治体がおこない、排水管の接続は住民が負担するなど、下水道の役割と費用負担を適切に区分した下水道事業を実施・運営することが重要である。

(2) 下水道の段階的な整備手法

ハノイ、ホーチミン、ジョグジャカルタは、既存の管路施設を活用したインターセプター方式下水道を採用し、下水道整備を進めてきた。それは汚水処理等による水環境の水質改善対策が緊急に必要とされたことから、インターセプター方式下水道は短期間で下水道の整備が可能な方式であることからである。ジャカルタはコミュニティや住宅開発地で、小規模下水道を整備してきた。市街地中心部では公共下水道を排水対策施設として位置づけている。ジャカルタ市は既成市街地の排水対策や流域の水環境改善には、初期段階ではモジュラーシステム(一種の小規模下水道)を進め、一定規模の処理場が完成すると既存の小規模下水道を新しい大規模下水道システムに統合する下水道事業の進め方が適切であると認識している（日本工営(株)調査）。

シンガポール、高雄等の先進都市は、河川の水質改善と都市の活性化を優先課題と位置づけて、インターセプター方式下水道を採用した。その後、水環境の水質改善、下水道事業の進展や住民ニーズの高まり（住環境の改善、下水道におけるし尿の受入れ）により、末端管渠・house connectionを整備し、先進国で採用されている標準型下水道に改善してきた（参照：添付資料5「下水道の段階的な整備手法」）。

都市の形態や住民の負担能力に応じて、簡易化下水道、インターセプター方式、コミュニティレベルの小規模下水道などと、中心市街地における大規模下水道を統合する中長期の整備計画を策定することが合理的である。小規模下水道は、プロジェクト効果の発現が容易で、個々のプロジェクトのコストが小さい。下水道は、処理施設を適切に維持管理することが重要で、また設備の更新・汚泥処理が課題となる。大規模下水道は、大都市の市街地に適した施設で、規模の効果（スケールメリット）を発現する特長を有している（§ 2.2.2.(2)）。小規模下水道や都市開発プロジェクトで整備された下水道資産を活用し統合することで、先進都市が構築してきた下水道に発展させることが可能である。

ジョグジャカルタ・デンパサールでは、セプティックタンク汚泥を下水道で受け入れ、処理している。下水道が都市の水環境改善、衛生環境改善の根幹的な施設として機能するため、技術水準の向上と資源の有効利用の観点から、排水処理対策を一元的に担当する組織・維持管理体制が合理的である。

5.2 下水道維持管理・経営計画における課題

下水道の事業運営においては、下水処理施設の新設・供用開始の前に新たな維持管理体制、利用者に対する規制・財政制度を整備しなければならない。

下水道施設の維持管理では、下水道施設整備の進展、流入下水の水質・水量変動、住民の意向など、下水道の事業計画策定・建設段階よりもきめ細かな対応が求められる。下水道事業運営は、各地域の事情によって異なるので、それぞれの地域に適した制度や維持管理計画を策定し運用していくことが重要である。

(1) 維持管理計画

維持管理計画については、流入水量・水質の負荷変動や下水処理施設・機器の故障に対処するための運転・保全に加えて、維持管理の費用縮減と品質確保を両立させる為に、日・週・月・年及び中期の維持管理計画を策定し、日常の運転・維持管理の結果をフィードバックすることが重要である。

資機材・薬品類は、下水道の国内マーケットが限られ、海外からの調達に頼らざるを得ないものが多い。インドネシア・ベトナムでは、海外企業の工場が立地し、世界規模で工業製品が生産・流通されている。消毒用の塩素などの薬品、工業機器類の部品類は、入手可能である。重要な設備・機器については、予備機の活用やパーツ類の確保、水道・産業用機器で流通する資機材の活用など、故障時の機能停止や補修費用の縮減など、中期の維持管理計画に反映しておく。

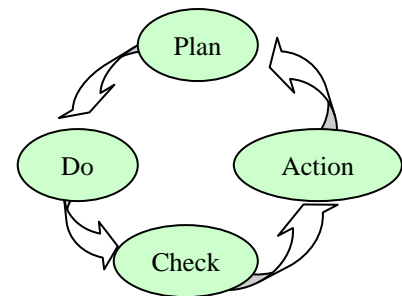


図 5.2.1 PDCA サイクル

ハノイ市は、7 処理場を整備する計画で下水道の建設を進めてきた。下水処理場・ポンプ場等の統合監視システムは、ハノイの供用中の 3 処理場に導入すると仮定すると、夜間の運転監視体制の簡素化と汚泥処理・水質試験の業務体制の見直しを組み合わせることで、維持管理人員を約 43%と大幅に抑制する効果（維持管理の費用縮減）が期待できる。統合監視システム導入のコストは、8 年で回収できると試算した（§ 3.2.1）。統合監視・情報システムにより、日常の運転業務は質の高い専門技術者が統括することにより、3 処理場で維持管理ノウハウを共有する。緊急時には、現場と本社機能が有機的に活動することで、情報伝達が的確で維持管理の安全性も向上する。事業運営の効率化と運転データを維持管理計画にフィードバックしていく為には、維持管理体制を簡素化していくことが、将来的には不可欠である。維持管理要員が常駐で運営している施設の大規模施設との統廃合や統合監視システムの導入及び中長期の維持管理・施設改善計画が不可欠である。

中長期的に予想される維持管理・経営の課題や放流先の水利用・水質規制を見極めて、日常の運転・維持管理計画を、機器の更新・増設計画にフィードバックできる

ような体制を構築しておくことが重要である。

(2) 下水道料金の水準及び体系

下水道整備・運営は多額の費用が必要となるが、水環境の重要性と下水道が果たす水環境の改善効果に対して、住民の理解が形成されていない。安定的に下水道事業が行なわれないと、設備・機器の保全が不十分になり施設が正常に働かなくなり住民の生活環境や水利用に甚大な影響を与える場合がある。現行の下水道料金の水準は極めて不十分で、ハノイでは維持管理コストの15～18%、ホーチミンで同じく11%を下水道料金で賄うに過ぎないと試算した（§3.2.4）。自治体の一般会計からの補填を強いると、下水道経営のみならず、行政サービスが財政的に破綻することが懸念される。商業・オフィスビルや富裕層は、ジャカルタの事例に見られるように所定の負担能力を有する（§2.1.5 (2)）。水環境保全施策に要する行政・住民の負担について、低所得層に配慮して支払い可能な水準の料金および富裕層・商業施設の低所得層負担分の一部の負担を求める内部補助制度のような体系だった取り組みが必要である。

先進都市は、水環境の重要性や住民生活のアメニティー向上など住民理解を形成するためのPI（public involvement）を実施してきた。水環境の改善効果や住民サービスに関して、簡明で継続的な住民教育が不可欠である。

(3) 関連部局の連携

下水道は、都市活動・水資源の保全や住民の衛生環境を支える都市基盤施設である。水環境の保全、汚水処理及び雨水の排除等の事業は単独部局では、効率的な実施が不可能である。下水道の役割に対する理解促進、都市開発プロジェクトの推進、事業場に対する指導及び浸水対策と衛生環境の改善には、市民及び関連部局との連携が不可欠である。

また、下水道の整備を必要とする大都市は、複数の自治体が連担する広域都市連携を構成している例が確認できた。ジョグジャカルタにおけるジョイントセクレタリー（KARTAMANTUL）がその例（§2.1.2 (3)）であり、地域の産業経済のあり方と都市インフラ整備について、地域が協働して取り組んでいる。下水道については、ジョグジャカルタに隣接するバンツール県・スレマン県は、ジョグジャカルタの下水道を利用し、建設・維持管理にスケールメリットが働く効率的な整備・運営を行なうことが可能である。

日本の流域下水道は、下水処理を流域・広域レベル（regional/district）で行なう行政手法であり、欧米でも同様の下水道が運営されている。地域の整備計画、利害関係者の合意形成および事業を運営していくための制度を設けることは、下水道を効率的に維持管理し、事業を円滑に運営していく為の手法である。

5.3 下水道PPPにおける課題

公共サービスの PPP 事業は、「市場」と「競争」を通じ、公共サービスの効率性を向上させるとともに、新たな雇用を創出し、新たなサービス産業を創出することを狙いとしている。官と民が協働して、リスクとコストを応分に担い、例えば、官が基礎インフラや規制ルールを整備し、市場において相互的な補完を行うことが、PPP の特色である。

アジアでの上下水道事業を含む環境インフラ事業は、民間に開放されていない、下水道料金体系・水準が低く事業運営が困難であるなどの理由で、他分野の PPP 事業に大きく遅れおり、商業性分野 (Commercially Viable) と認められないと考えられている。このためには、段階的な市場参加を促し、当該国の PPP 市場を均てんすること（「したたり落ちる」ことによって全体に広まること）が重要である。技術・ノウハウ支援、技術移転、および施設整備、運営サービスを含む全面的な事業参画等の段階に分けて、民間企業の事業運営能力を強化することが提案されている。技術・ノウハウの支援、技術移転で得られた維持管理事業の各種情報・人材等を結集し、提案型 PPP 事業につながることを期待できる。

上下水道を一体化した PPP 事業、コンセッション方式やホールセールなどのサービス提供方式、利益確保を可能とするためのインセンティブまたは PPP 参加を促すための支援策など、PPP を活用する援助国・被援助国の広汎な制度設計が不可欠である。PPP の適正な活用によって、一層の市場化・効率性を高めた公共サービスを究極の目的とする。

5.4 あとがき

(1) 情報の共有

今回調査の対象国であるインドネシア、ベトナム国の現地調査と文献調査によって、それぞれの国の各都市が下水道事業を都市環境改善のインフラ事業と位置づけて、下水道の整備に取り組んでいること、事業運営の改善を模索していることが分かった。インドネシア国は上下水道事業に関するワークショップを頻繁に開催して、各地域の下水処理技術、料金制度及び経営に関する情報交換を行っていた。

下水道事業を持続的に行なうためには、成功及び失敗事例・ノウハウ等の情報共有・技術移転が効果的である。

(2) 施設維持管理・経営ノウハウのフィードバック

維持管理計画については、流入水量や水質によって、ユーティリティーの使用量や汚泥処分量が増減する。維持管理における業務内容及び費用を分析して、問題点の代替案を検討することは効率的な維持管理に不可欠である。例えば、ハノイ市の下水処理施設統合監視システムの導入やホーチミン市の汚泥処理のあり方に関する検討等は維持管理費用の縮減が可能になる方法である。

施設の維持管理を含む下水道事業運営を適切に行なうための維持管理計画・下水道経営計画は、職員の教育・意識改革を行なうことと初級・中級・上級または処理技術～経営に関する体系的な研修プログラムを構築し、下水道の専門家を養成して可能となる。

中期的には、下水道施設の維持管理及び事業運営で得られたノウハウを、設備の更新及び下水道事業運営計画にフィードバックすることで、高効率・低費用の維持管理・経営が実現できる。