

ベトナム社会主義共和国
カントー市人民委員会
カントー市上下水道公社

カントー市上水道整備事業準備調査 (PPPインフラ事業)

ファイナルレポート (要約版)

2013年3月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
日本工営株式会社
水ing株式会社
三菱商事株式会社
プライスウォーターハウスクーパース株式会社

民連
CR(10)
13-038

ベトナム社会主義共和国
カントー市人民委員会
カントー市上下水道公社

カントー市上水道整備事業準備調査 (PPPインフラ事業)

ファイナルレポート (要約版)

2013年3月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
日本工営株式会社
水ing株式会社
三菱商事株式会社
プライスウォーターハウスクーパース株式会社

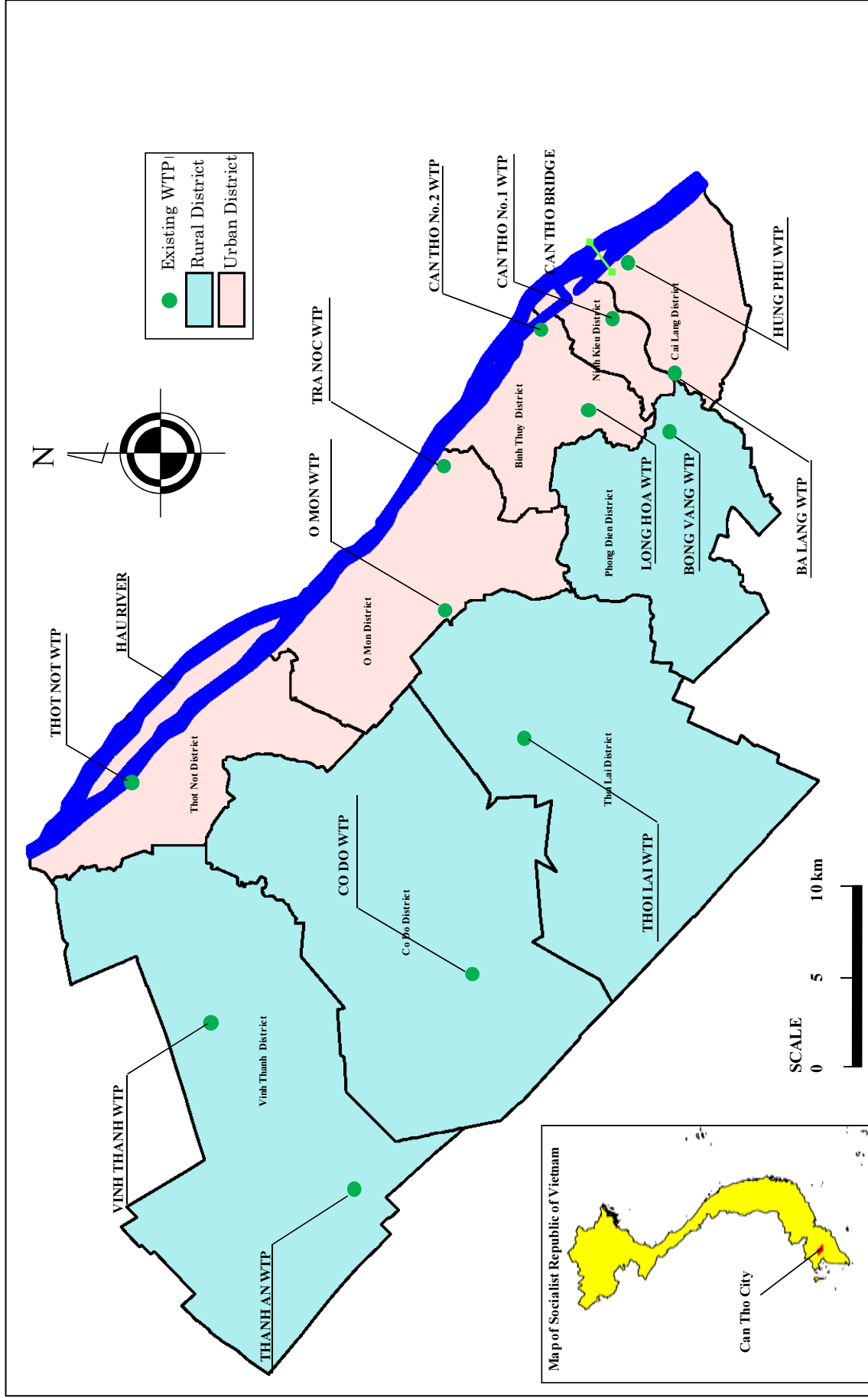
為替レート

1 USD = 77.92 Yen

1 Yen = 266.36 VND

1 USD = 20,890 VND

(2012年5月現在)



調査対象地域位置図

出典：JICA 調査団

カントー市上水道整備事業準備調査 (PPP インフラ事業)
ファイナルレポート (要約版)
目次

第1章	序論.....	1-1
1.1	背景	1-1
1.2	本準備調査の目的と必要性	1-1
1.3	調査対象地域.....	1-1
第2章	事業実施地域の概要	2-1
2.1	自然条件.....	2-1
2.1.1	地形	2-1
2.1.2	気象条件.....	2-1
2.1.3	水文	2-1
2.1.4	地質	2-1
2.1.5	水質	2-2
2.1.6	塩水遡上.....	2-2
2.1.7	本調査における塩水遡上調査	2-3
2.2	社会経済状況.....	2-4
2.2.1	カントー市の行政区画.....	2-4
2.2.2	現況人口及び人口予測.....	2-4
2.2.3	都市計画及び土地利用計画	2-4
2.2.4	工業団地開発計画	2-4
2.2.5	ベトナム国とカントー市の経済活動と経済指標	2-5
第3章	カントー市水道システムの現状	3-1
3.1	カントー市の既存水道システム	3-1
3.1.1	現状の水道システムの管理運営状況	3-1
3.1.2	現状の水需要及び消費	3-2
3.1.3	上水道 BOT 事業に係る法制度	3-5
3.1.4	WSSC 及び関連組織の財務状況	3-7
3.2	既存水道施設.....	3-10
3.2.1	浄水場	3-10
3.2.2	配水施設.....	3-13
3.2.3	既存水道施設の問題点.....	3-16
第4章	水道システムの将来計画	4-1
4.1	水道の将来計画の基本的枠組み.....	4-1
4.2	関連計画及び関連プロジェクト	4-1
4.2.1	カントー市 2030 マスタープラン	4-1
4.2.2	先行及び実施中プロジェクト	4-2

4.3	水需要予測	4-2
4.3.1	水需要予測の指標	4-2
4.3.2	2020 年を対象とした水需要予測	4-3
4.4	カントー市水供給改善計画	4-4
4.4.1	給水区域	4-4
4.4.2	浄水場の不足容量	4-4
4.4.3	水供給改善計画	4-4
第 5 章	BOT 事業に向けた優先事業の選定	5-1
5.1	優先事業の条件設定	5-1
5.1.1	対象区域の選定	5-1
5.1.2	浄水場候補地の選定	5-1
5.1.3	最適な水道システムのためのケーススタディ	5-1
5.1.4	各ケースの概算事業費の算定	5-2
5.1.5	最適システムの決定	5-2
5.2	計画浄水場の設計	5-4
5.2.1	設計概要	5-4
5.2.2	自然条件	5-4
5.2.3	プロセスのフロー	5-4
5.2.3	水処理設備	5-8
5.2.4	薬品及び貯蔵室	5-9
5.2.5	管理事務棟	5-10
5.2.6	電気及び機械設備	5-10
5.3	送水システム	5-11
5.3.1	送水システムの概要	5-11
5.3.2	送水管路の敷設	5-12
5.3.3	送水管路の平面、縦断線形計画	5-12
5.3.4	管種の選定	5-13
5.3.5	バルブ施設	5-13
5.3.6	水理解析	5-13
第 6 章	事業費積算及び建設スケジュール	6-1
6.1	事業費積算	6-1
6.1.1	施設概要	6-1
6.1.2	積算条件	6-1
6.1.3	建設費	6-2
6.1.4	運転・維持管理費	6-3
6.2	建設スケジュール	6-3
第 7 章	事業実施計画	7-1
7.1	事業全体スケジュール	7-1
7.2	詳細スケジュール	7-1

7.2.1	事業組成期間	7-1
7.2.2	建設期間	7-2
7.2.3	O&M 期間	7-2
第 8 章	リスク分析	8-1
8.1	リスク分析及びリスク対策の検討	8-1
8.1.1	リスク分担	8-1
8.1.2	BOT インフラ事業における一般的なリスク	8-1
8.2	事業スキーム案	8-2
第 9 章	事業モデルスキーム	9-1
9.1	公共事業における官民連携 (PPP) 手法の導入	9-1
9.2	資金調達スキーム	9-1
9.3	その他前提条件	9-3
9.4	事業組織	9-3
第 10 章	提案事業スキームに関する財務評価	10-1
10.1	提案事業スキームの財務計画	10-1
10.2	提案事業スキームの財務分析結果	10-3
10.2.1	投資家が求める諸条件を前提とした財務分析結果	10-3
10.2.2	その他の分析	10-3
10.3	経済的費用便益分析	10-4
第 11 章	環境社会配慮	11-1
11.1	ベースライン調査	11-1
11.2	予備環境影響評価	11-2
第 12 章	総合評価と結論	12-1
12.1	技術的評価	12-1
12.2	事業費、運営面、経済・財務における評価	12-2
12.3	環境社会面での評価	12-2
12.4	結論 12-3	

表一覧

表 2.1.1	オモン地区での水質試験結果	2-2
表 2.1.2	塩水遡上調査実施時期	2-3
表 2.2.1	マクロ経済指標	2-5
表 2.2.2	ベトナム国の財務指標	2-5
表 2.2.3	カントー市歳入・歳出	2-5
表 3.1.1	カントー市上下水道公社及びその関連会社の管轄区域	3-1
表 3.1.2	サービス区域人口 (2012 年時点)	3-2
表 3.1.3	各浄水場の生産水量	3-3

表 3.1.4	徴収水量（水消費量）	3-3
表 3.1.5	2011 年水使用量	3-4
表 3.1.6	2011 年の家庭利用水使用量原単位.....	3-4
表 3.1.7	WSSC 損益計算書	3-8
表 3.1.8	WSSC キャッシュフロー計算書.....	3-8
表 3.1.9	WSSC 貸借対照表	3-9
表 3.1.10	新水道料金案	3-9
表 3.2.1	既存浄水場の要約	3-11
表 3.2.2	処理水水質の要約	3-12
表 3.2.3	配水管の管径、延長、材質	3-13
表 3.2.4	管径 300mm 以上の配水管の敷設年数	3-13
表 4.2.1	カントー市 2030 マスタープランの概要.....	4-1
表 4.3.1	2011 年水消費量	4-2
表 4.3.2	水需要予測に用いる計画指標	4-3
表 4.3.3	2020 年における浄水場を基本とした配水区毎の水需要予測.....	4-3
表 4.4.1	2020 年における浄水場の不足容量（単位：m3/日）	4-4
表 4.4.2	2020 年水供給改善計画	4-4
表 5.1.1	最適な浄水システムのためのケーススタディ.....	5-2
表 5.1.2	各ケースの概算事業費	5-2
表 5.1.3	最適水道システム選定のための比較表.....	5-3
表 5.2.1	浄水場の主要施設	5-4
表 5.2.2	固定スピード制御と VVVF 制御のコスト比較表.....	5-8
表 5.3.1	管種の比較検討結果	5-13
表 6.1.1	施設概要	6-1
表 6.1.2	土木工事費	6-2
表 6.1.3	機械・電気設備費	6-2
表 6.1.4	土木及び機械・電気設備工事費の概要.....	6-2
表 6.1.5	建設費総括表	6-3
表 8.1.1	BOT インフラ事業において想定される主要なリスク	8-2
表 8.2.1	本邦投資家が求める必須条件	8-3
表 9.2.1	資金調達源比較	9-3
表 9.4.1	企業形態別の経営組織	9-5
表 10.1.1	事業計画に係る前提条件	10-1
表 10.1.2	資金調達金額と建設期間中の資金使途.....	10-2
表 10.1.3	25 年間の O&M 期間中計の支出と収入	10-2
表 10.1.4	売水収入	10-3
表 10.3.1	提案プロジェクトの費用（経済的費用への換算後）	10-5

図一覧

図 2.1.1	塩水遡上調査位置	2-3
図 2.2.1	2030 年土地利用計画	2-4
図 3.1.1	カントー市上下水道公社及びその関連会社の管轄区域.....	3-1
図 3.1.2	2020 年水道計画図	3-2
図 3.1.3	BOT 事業組成の手続き	3-7
図 3.2.1	WSSC が管理している配水管網.....	3-14
図 3.2.2	WSSC による配水管網の圧力測定の結果.....	3-16
図 5.2.1	計画浄水場 配置平面図	5-5
図 5.2.2	計画浄水場予定地のボーリングデータ	5-6
図 5.2.3	計画浄水場 フローシート	5-7
図 5.3.1	新規送水システムの概要図	5-11
図 5.3.2	新規送水管路の諸元	5-11
図 5.3.3	送水管路配置例	5-12
図 5.3.4	バルブ配置図	5-13
図 5.3.5	既存配水管路網の水圧状況	5-14
図 5.3.6	新規配水管路網の水圧状況	5-14
図 6.2.1	工事スケジュール	6-3
図 7.1.1	事業全体スケジュール	7-1
図 7.2.1	事業組成スケジュール	7-2
図 7.2.2	O&M スケジュール.....	7-2
図 8.2.1	事業スキーム案	8-3
図 9.1.1	事業形態別 PPP 手法のマッピング	9-1
図 10.1.1	「テイクオアペイ」方式の概要	10-3

略語集

AC	アクセレーター
AF	アカズールフィルター
AMSL	平均海面高
ARP	簡易住民移転計画
BOD	生物化学的酸素要求量
BOT	建設―所有―移転方式
BTO	建設―移転―所有方式
C/B	費用便益比
Can Tho PC	カントー市人民委員会
CAPEX	資本費
CERWAS	農村給水衛生センター
CGF	重力式ろ過池
CIF	運賃保険料込条件
COD	化学的酸素要求量
DARD	カントー市農業地方開発局
DCI	ダクタイル鋳鉄管
DF/R	ドラフト・ファイナル・レポート
DO	溶存酸素
DOC	カントー市建設局
DOF	カントー市財務局
DONRE	カントー市天然資源環境局
DOST	カントー市科学技術局
DOT	カントー市運輸局
DP	移転住民
DPI	カントー市計画投資局
DSRA	元利返済積立口座
EIA	環境影響評価
EIRR	資本的内部収益率
EPC	設計調達建設
EVN	ベトナム電力公社
F/R	ファイナル・レポート
F/S	フィージビリティ調査
GDP	国内総生産
GLF	グリーンリーフフィルター
GSO	統計総局
HM	迂流攪拌
IC/R	インセプション・レポート
IMF	国際通貨基金
IRR	内部収益率

IZ	工業団地
JICA	国際協力機構
LPEB	土地価格評価委員会
MM	機械攪拌
MONRE	天然資源環境省
MPI	計画投資省
NPV	純現在価値
NRW	無収水量
ODA	政府開発援助
O&M	運転維持管理
OPEX	操業費用
PAC	ポリ塩化アルミニウム
PF	圧力式ろ過装置
PPP	官民連携
PSIF	海外投融資
PU	パルセーター
PVC	ポリ塩化ビニル
RAP	住民移転計画
RRA	修繕積立口座
SB	スラッジブランケット
SCF	経済費用への変換係数
SEPIZA	カンター輸出加工工業団地組合
SIWRPM	カンター輸出加工工業団地組合
SPC	特別目的会社
SS	浮遊物質
TOR	委託条件書
TSS	総浮遊物質
VAT	付加価値税
VND	ベトナムドン
VVVF	可変電圧可変周波数制御
WLG	水位計
WSSC	カンター市上下水道公社
WTP	浄水場

第1章 序 論

1.1 背景

カントー市は、2004 年の政府の決定により政令市に指定された。カントー市は約 1,390km²の面積を有し、2011 年現在 121 万の人口は 2020 年までに 150 万人まで増加することが予測されている。カントー市は急激な人口増加及び経済成長に伴って、水不足に直面していると共に地下水の枯渇、及びハウ川下流からの塩水の遡上は地球温暖化の影響もあり深刻な問題となっている。

このような状況において、カントー市人民委員会（カントーPC）は、カントー市総合開発計画において、目標年度 2030 年におけるカントー市の水需要を満たすため、ハウ川上流地区に新たな上水道施設を計画し、その事業を官民連携方式により実施することを計画した。

カントーPC のこの計画を支援するため、国際協力機構（JICA）は、準備調査による技術支援を行うことを決定した。本準備調査は、2020 年を目標年次とする BOT プロジェクト実施を目的としたフィージビリティ調査であり、事業の必要性や実施可能性を技術面、財政面、環境面から明らかにすると共に、国際投資機関や民間資金を活用した最適な事業実施計画、維持管理スキームを提案するものである。

本調査は 2012 年 5 月初旬に開始し、2013 年 2 月までの 10 ヶ月間に合計 5 回の現地調査ならびに国内作業を終えた。本レポートはその調査結果をとりまとめたものである。

1.2 本準備調査の目的と必要性

近年、ベトナム政府は官民連携スキームによる事業実施を促進することとしている。この方針に沿って、カントー市人民委員会は 2020 年を目標年次とする官民連携スキームでの上下水道事業の実施を決定した。

こうした状況の下、日本工営(株)、三菱商事(株)、水 ing(株)は自社出資金及び JICA 海外投融資資金（PSIF）により特別目的会社（SPC）を設置して水道事業を実施すること、及びそのための FS 調査を JICA 資金により実施することを提案した。

1.3 調査対象地域

調査対象地域は、調査対象地域位置図に示すカントー市の中心部及び周辺部である。JICA 海外投融資の対象事業、すなわち BOT 事業の対象地域としてはカントー市中心部が優先地域として選定された。

第2章 事業実施地域の概要

2.1 自然条件

2.1.1 地形

カントー市の面積は 298,561ha で、農業に適した肥沃な沖積土壌に覆われている。2010 年のカントー市の環境報告書によると 82%の土地が農業利用、17%が農業以外（住宅、産業用地等）での利用、1%が未使用となっている。

標高は 0.2m~1.5m で、地形は概して平坦であるがハウ川の川岸から内陸部にかけて緩やかに傾斜している。

2.1.2 気象条件

カントー市は熱帯モンスーン地域に位置し年間を通じて高温多湿であり、年平均気温は約 27℃、年平均湿度は 82%である。年間降水量は 1200mm~1700mm で平均 1500mm となっている。雨季は 5 月~11 月、乾季は 12 月~4 月である。

ハウ川の水位が高い（高潮位）時と高強度の降雨が重なった時に市内に洪水が発生し、交通渋滞の原因となっている。

2.1.3 水文

カントー市の北東部を最大河川であるハウ川が流れている。市内には 158 に及ぶ河川と水路があり、総延長は 800km に及んでいる。

ハウ川の平均年流量は 2000 億 m^3 /年であり、これはメコン川全体の 41%を占める。また、乾期の流量は約 1000 m^3 /日となっている。ハウ川の水位は上流からの流量と下流の潮位の影響を受けるため、7 月から水位が上昇し始め、9 月~11 月にかけて最高位となり、2 月には下降する。高水位時に市内排水路への流入が増加した場合に、市内では大きな洪水が発生している。2000 年には、過去 10 年間で最大の洪水がメコンデルタ地域で発生した。その際、カントー市内では、観測された水位は過去 40 年で最大の 1.9m であった。ただし、WSSC によると既存の浄水場の場所は比較的標高が高く、これまで堪水したことはないとのことである。

2.1.4 地質

カントー市はハウ川の沖積平野に位置しており、ハウ川によって運ばれる土砂は年間 3500 万 m^3 である。地表から 50m までは N 値が 1~5 の粘土層である。深度 40~50m の St/C-1 層は赤茶色のシルト粘土と砂の互層であり、N 値は砂分の程度に応じて 13-60 の値となっている。深度 70~95m の S1 層はシルトと粘土層が所々に混じった茶色の細砂層であり、N 値は 60 以上である。

2.1.5 水質

(1) 既存データ

カントー市内での水質調査は、通常年に 3, 4 回、汚染の激しい水路では年に 12 回、ハウ川では年に 2 回実施されている。調査は 2002 年から行われており、調査項目は pH、塩分濃度、DO である。水質レベルは A1、A2、B1、B2 の 4 クラスに分類されており、利水状況によって定められている。

河川と水路の水質環境基準は表流水の基準が適用される。いくつかの水路は高汚染水路に分類されており、年 12 回の調査が行われている。カントー市の 2010 年の環境報告書によると、pH、F、Cr、As 及び Hg は A1 レベル以下であるが、その他の項目は A1 レベルを上回っている。

(2) 現地調査結果

調査団は 2012 年 5 月 29 日にオモン地区のハウ川沿岸の水質サンプリングと試験を行った。水質試験結果を表 2.1.1 に示す。いくつかの項目は基準値を上回っているが、浄水処理によって適切に処理が可能であると判断される。

表 2.1.1 オモン地区での水質試験結果

No	項目	単位	試験結果	水質環境基準 (QCVN 08: 2008/BTNMT)			
				A1	A2	B1	B2
1	Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	39	20	30	50	100
2	COD	mgO ₂ /L	18	10	15	30	50
3	BOD ₅ (20°C)	mgO ₂ /L	8	4	6	15	25
4	Ammonia Nitrogen (NH ₄)	mg/L	0.22	0.1	0.2	0.5	1
5	Iron (Fe)	mg/L	1.69	0.5	1	1.5	2
6	Total oils & grease	mg/L	2	0.01	0.02	0.1	0.3

出典：JICA 調査団

2.1.6 塩水遡上

1980 年代から 1990 年代にかけて多くの塩水遡上対策が実施され、デルタ地域の水路に締切堤、ゲート等が建設された。しかし、河口部近くでは現在でも高い塩分濃度が観測されている。

カントー市マスタープラン 2030 によると、ハウ川では、2004 年の乾季に塩水遡上が市の 12km 下流で観測され、2010 年 4 月には 8km 下流まで接近した。

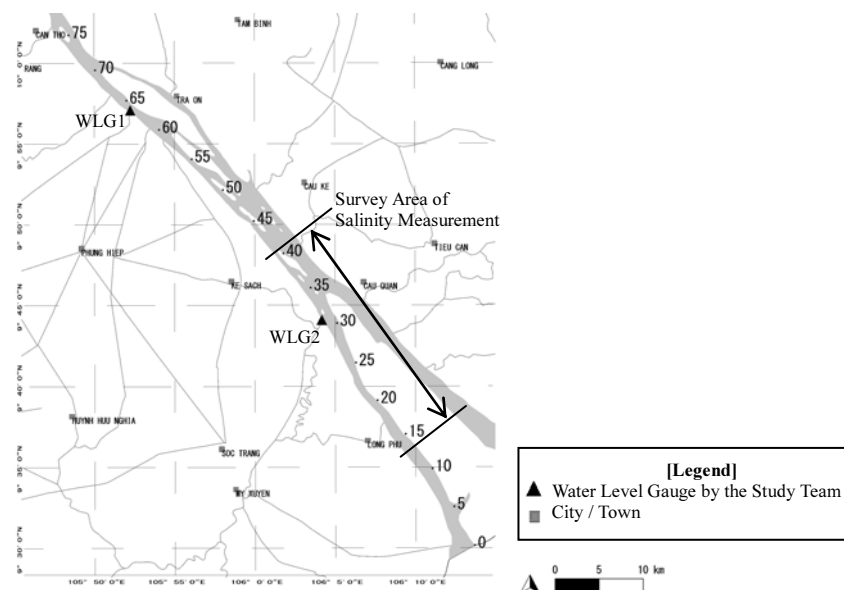
ドイツ援助の WISDAM プロジェクトに基づきいくつかの水質計測機器がカントー市に設置され、観測が 2012 年 4 月より開始されている。

塩水遡上は気候変動とダム等による河川の流量調整により大きな影響を受けるが、メコン川委員会は、上流にダムが建設されると、気候変動による潮位上昇が起きてもダムによる流量調整により塩水遡上は河口より 40km に留まると予測している。

一方、上流にダムが建設されない場合、2020-2029年には気候変動により塩水遡上はカントー市の7km下流に達し、2040-2049年には3km下流まで達すると予測されている。

2.1.7 本調査における塩水遡上調査

調査団は、本調査において塩水遡上実態調査を実施した。調査はハウ川の河口から15km-40kmにおいて行った。カントー市は河口から77kmに位置している。調査はボートを使用し、塩水濃度測定計器により測定した。



出典：JICA 調査団

図 2.1.1 塩水遡上調査位置

調査は小潮と大潮の各高潮位時に行った。調査期間を表 2.1.2 に示す。

表 2.1.2 塩水遡上調査実施時期

調査内容	期間	備考
塩分濃度測定	12-13 and 19-20 / June / 2012	小潮 on 11 June 大潮 on 29 June
水位計測	8-14 / June / 2012 at WL G1 14-22 / June / 2012 at WL G2	WL G was relocated on 14 June.

出典：JICA 調査団

塩水遡上はハウ川の河口より約30kmで観測された。この位置は、カントー市より45km下流にあたる。本調査で実施した塩水遡上調査結果並びに過去の調査結果を基に、カントー市における新たな浄水場建設に対し、塩水遡上は大きな問題とならないことが明らかとなった。

2.2 社会経済状況

2.2.1 カントー市の行政区画

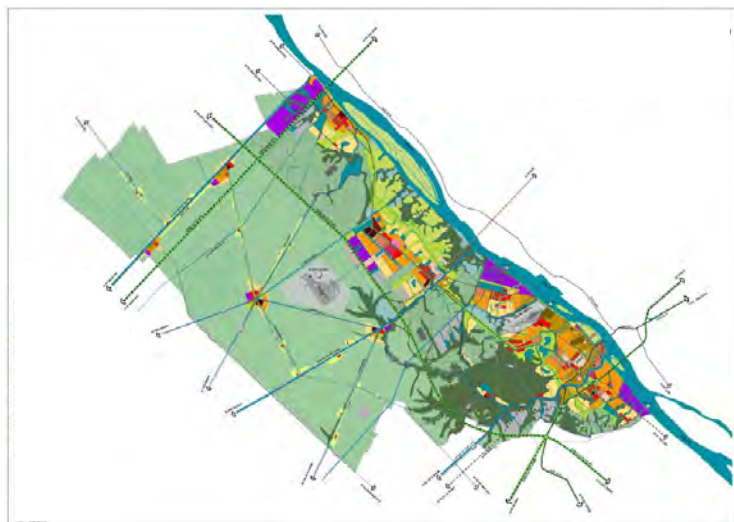
2004 年にカントー省は、政令によりカントー市とハウザン省に分割され、中央政府直轄市となった。カントー市の行政区は、ニンキエウ (Ninh Kieu)、オモン (O Mon)、ビントゥイ (Binh Thuy)、カイラン (Cai Rang)、トットノット (Thot Not) の 5 つの都市郡とヴィンタン (Vinh Thanh)、コドウ (Co Do)、フォンディエン (Phong Dien)、タイロイ (Thoi Lai) の 4 つの地方郡で構成される。

2.2.2 現況人口及び人口予測

2009 年に実施されたセンサス調査に基づくカントー市の人口は 118 万人である。統計総局により 2010 年～2034 年までのカントー市の人口が予測されており、2020 年には 137 万人、2030 年には 153 万人に増加することが予測されている。

2.2.3 都市計画及び土地利用計画

カントー市は、農業都市から工業都市に発展する計画であり、図 2.2.1 に示す 2030 年の土地利用計画に基づく、ハウ川沿いの都市郡の開発が進む計画である。



出典：カントー市 2030 マスタープラン

図 2.2.1 2030 年土地利用計画

2.2.4 工業団地開発計画

カントー市では、チャノック工業団地 (No.1 及び No.2)、フンフー工業団地 (1、2A、並びに 2B)、トットノット工業団地 (No.1) の 6 つの工業団地が稼働しており、さらに 3 つの工業団地が計画されている。工場の実際の入居数は登録数を大きく下回っており、入居率を短期的に改善するのは容易ではない状況である。

また、既存工業団地での水利用については、チャノック工業団地 (No.1 及び No.2) では、カントー市上下水道公社の水を利用できる環境にあるが、地下水及び河川水を利用している工場もある。一方、フンフー工業団地 (1、2A、並びに 2B) とトットノット工業団地 (No.1) は、送配水管が未整備のためカントー市上下水道公社の水が供給されていない。

2.2.5 ベトナム国とカントー市の経済活動と経済指標

(1) 国の経済活動と経済指標

ベトナム国の現在の信用格付けは、近年の急速な経済成長にも係らず、財政赤字と金融システムの不安定性のために、B1（ムーディーズ）、或いはBB-（S&P）と、投資適格に及んでいない。インフレ率（「消費者物価指数」により評価）は、VNDの価値下落に繋がる貿易赤字を背景に、2011年8月に23%と歴史的な数値となり、表2.2.1の通り年率18.10%の上昇率を記録した。また、ベトナム国には慢性的な財政赤字の問題があり、赤字は主にODAローンの返済義務によって引き起こされている。表2.2.2は、同国の基本的な財務指標について示したものである。

表 2.2.1 マクロ経済指標

	2007	2008	2009	2010	2011
ベトナムにおける消費者物価指数 (*1)	12.60%	19.90%	6.50%	11.80%	18.10%
ベトナムにおける生産者物価指数 (*2)	6.90%	21.80%	7.40%	12.60%	18.40%
ドン／円(*3)	141.87	193.87	200.0509	239.7023	272.1126
ドル／ドン(*3)	16,003	17,486	18,479	19,498	21,049

出典: (*1) 年次消費者物価指数 (General Statistics Office)

(*2) 年次生産者物価指数 (General Statistics Office)

(*3) Bloomberg

表 2.2.2 ベトナム国の財務指標

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
実質 GDP 成長率 (%)	8.2	8.5	6.3	5.3	6.8	5.9
一般政府財政収支／GDP (%)	-1	-0.7	-4.3	-5.9	-5.8	-4.1
一般政府財政債務／歳入 (%)	97.8	95.4	119.5	106.7	151.5	148.2
現在経常収支／GDP (%)	-0.3	-9.8	-11.9	-6.8	-4	-4.5

出典: “Credit opinion on Government of Vietnam”, 14 Feb 2012, Moody’s

(2) カントー市の経済活動と経済指標

カントー市の歳入は表2.2.3の「総歳入」で、2008~2009年に22.2%、2009~2010年に18.9%、2010~2011年に14.7%増加している。カントー市の歳出は、表2.2.3の「総歳出」として示されるように、2008~2009年に26.4%、2009~2010年に27.7%、2010~2011年に19.2%に増加している。その財政収支は、2011年に赤字に転落している。

表 2.2.3 カントー市歳入・歳出

(百万 VND)

	2008	2009	2010	2011
総歳入	3,748,322	4,581,529	5,447,788	6,245,269
総歳出	3,309,681	4,182,531	5,339,737	6,367,016

出典: “Statistical Yearbook 2011”, May 2012, Statistical Office of Can Tho City

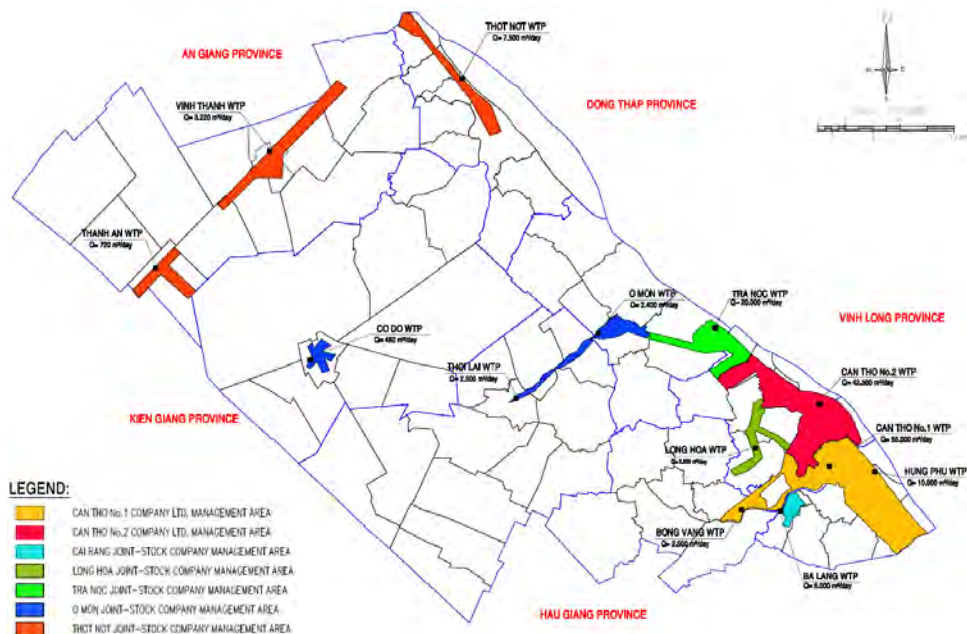
第3章 カントー市水道システムの現状

3.1 カントー市の既存水道システム

3.1.1 現状の水道システムの管理運営状況

都市計画に基づく「都市区域」及び「地方区域」の区分があり、都市区域はカントー市上下水道公社（WSSC）及びその関係会社が、地方区域はカントー市農業地方開発局（DARD）が水道システムを管理運営している。

都市水道システムとして 13 の浄水場及び配水区が存在している。カントー市上下水道公社、No.2 水道有限会社、及び、5 つの株式会社の計 7 組織で管理しており、各水道会社は各々独立して、管轄区域内の建設・修繕事業、浄水場及び配水ネットワークの運転管理、管轄区域内の料金徴収を行っている。水道公社及びその関連会社（以下、「水道会社」と呼ぶ）の管轄区域を、図 3.1.1 及び表 3.1.1 に示す。



出典：カントー市上下水道公社

図 3.1.1 カントー市上下水道公社及びその関連会社の管轄区域

表 3.1.1 カントー市上下水道公社及びその関連会社の管轄区域

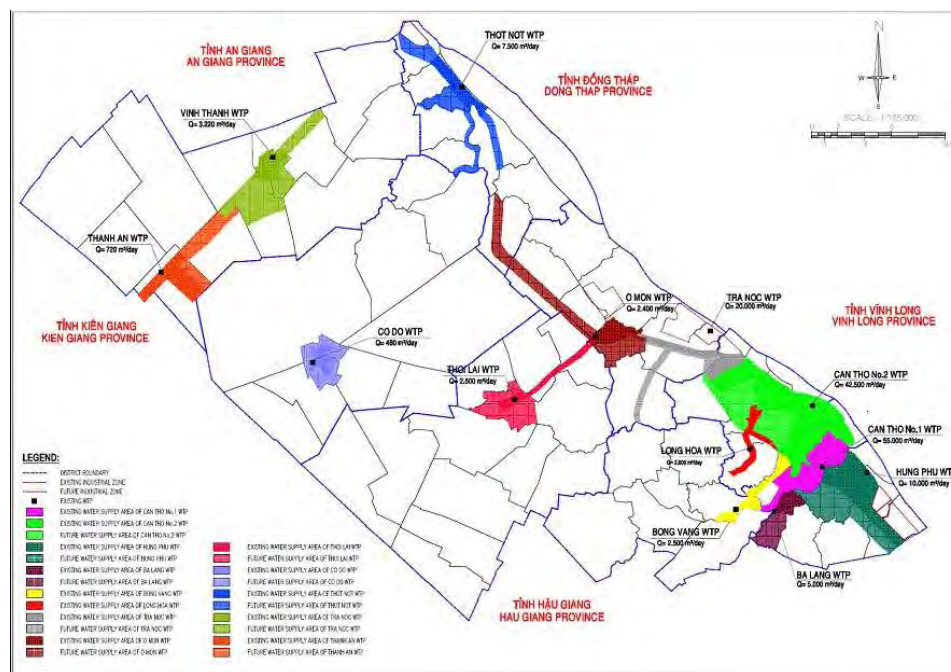
水道事業組織	浄水場
カントー市上下水道公社	カントー No.1 浄水場、 ボンバン浄水場、 フンフー浄水場
No.2 水道有限会社	カントー No.2 浄水場
トットノット 株式会社	トットノット 浄水場、 ビンタン 浄水場、タンアン 浄水場
オモン 株式会社	オモン 浄水場、 トイライ 浄水場、 クドウ 浄水場
チャノック 株式会社	チャノック 浄水場
カイラン 株式会社	バラン 浄水場
ロンホア 株式会社	ロンホア 浄水場

出典：JICA 調査団

3.1.2 現状の水需要及び消費

(1) 配水区域及び人口

2020 年を目標として図 3.1.2 に示すサービス区域に拡大される計画である。これは、カントー市建設局、カントー市上下水道公社及びカントー市農業地方開発局が合意した計画であり、2012 年度にカントー市人民委員会に承認された。



出典：カントー市建設局

図 3.1.2 2020 年水道計画図

また、カントー市の郡単位の人口を基に、各配水区域の区域内人口、接続人口、接続率を算定した結果は表 3.1.2 のとおりである。

表 3.1.2 サービス区域人口 (2012 年時点)

浄水場	区域内人口	接続人口	接続率 (%)
カントー No.1	156,200	148,400	95 %
カントー No.2	159,100	140,700	88 %
チャノック	28,600	14,300	50 %
フンフー	48,900	16,500	34 %
トットノット	49,500	28,000	57 %
ボンバン	8,700	8,000	92 %
ロンホア	11,100	7,900	71 %
バラン	21,600	12,000	56 %
オモン	35,300	8,200	23 %
トイライ	14,600	6,200	42 %
コドゥ	11,600	5,700	49 %
ビンタン	20,300	15,200	75 %
タンアン	14,800	8,200	55 %
計	535,300	419,400	78 %

注：区域内人口は 2020 年までの水道計画区域 (図 3.1.4) 内人口であり、接続人口は 2012 年度時点で水道が整備される区域の人口である。各々、郡単位の人口を住宅の立地を反映して 250m メッシュ単位に割り振り、区域内人口を算定したものである。出典：JICA 調査団

(2) 水道生産量

2012年2月～5月の各浄水場の生産水量は表3.1.3に整理したとおりである。給水人口が多いカントーNo.1及びNo.2の両浄水場は、10%以上過剰生産して対応している状況であり、一刻も早い施設拡張が必要である。

表 3.1.3 各浄水場の生産水量

浄水場	都市 地方 区分	2012の 容量	2012年2月		2012年3月		2012年4月		2012年5月		平均	
			生産水量 (m³/日)	生産水量 /容量 (%)	生産水量 (m³/日)	生産水量 /容量 (%)	生産水量 (m³/日)	生産水量 /容量 (%)	生産水量 (m³/日)	生産水量 /容量 (%)	生産水量 (m³/日)	生産水量 /容量 (%)
カントーNo.1 ボンバン	都市	57,500	77,921	136%	66,001	115%	72,291	126%	66,305	115%	70,433	122%
カントーNo.2	都市	42,500	53,158	125%	43,265	102%	47,763	112%	46,977	111%	47,657	112%
チャノック	都市	20,000	9,504	48%	9,738	49%	10,318	52%	10,498	52%	10,025	50%
フンフー	都市	10,000	3,649	36%	3,652	37%	3,991	40%	3,820	38%	3,779	38%
トットノット	都市	7,500	7,969	106%	6,945	93%	7,323	98%	7,371	98%	7,388	99%
オモン	都市	2,400	2,995	125%	2,589	108%	2,779	116%	2,428	101%	2,690	112%
ロンホア	都市	2,000	1,882	94%	1,617	81%	1,728	86%	1,732	87%	1,736	87%
バラン	都市	5,000	3,997	80%	3,503	70%	4,037	81%	3,729	75%	3,810	76%
トイライ	地方	2,500	619	25%	476	19%	562	22%	487	19%	534	21%
コドウ	地方	480	771	161%	606	126%	732	152%	654	136%	688	143%
ビンタン	地方	3,220	609	19%	550	17%	555	17%	625	19%	584	18%
タンアン	地方	720	1,123	156%	1,014	141%	1,000	139%	1,050	146%	1,045	145%
計		153,820	164,196	107%	139,956	91%	153,077	100%	145,676	95%	150,370	98%
カントーNo.1, No.2計		100,000	131,078	131%	109,266	109%	120,054	120%	113,282	113%	118,090	118%

出典：カントー市上下水道公社

(3) 水消費量及び無収水率

2012年2月～5月の徴収水量及び無収水量は表3.1.4に示すとおりであり、カントー市の水道会社の管轄区域全体の平均の無収水率は33%で、カントーNo.1浄水場、No.2浄水場の給水区域の平均無収水率は37%である。

表 3.1.4 徴収水量（水消費量）

浄水場	都市 地方 区分	2012年2月		2012年3月		2012年4月		2012年5月		平均	
		徴収水量 (m³/day)	徴収水量 /生産水量 (%)	徴収水量 (m³/day)	徴収水量 /生産水量 (%)	徴収水量 (m³/day)	徴収水量 /生産水量 (%)	徴収水量 (m³/day)	徴収水量 /生産水量 (%)	徴収水量 (m³/day)	徴収水量 /生産水量 (%)
カントーNo.1 ボンバン	都市	43,936	43.6%	38,477	41.7%	43,563	39.7%	41,135	38.0%	41,709	40.8%
カントーNo.2	都市	34,511	35.1%	29,591	31.6%	33,704	29.4%	31,433	33.1%	32,243	32.3%
チャノック	都市	8,634	9.2%	9,149	6.0%	9,642	6.6%	9,886	5.8%	9,342	6.8%
フンフー	都市	3,452	5.4%	2,792	23.5%	3,202	19.8%	3,033	20.6%	3,111	17.7%
トットノット	都市	6,269	21.3%	5,180	25.4%	5,197	29.0%	5,680	22.9%	5,568	24.6%
オモン	都市	1,733	42.1%	1,491	42.4%	1,595	42.6%	1,552	36.1%	1,589	40.9%
ロンホア	都市	1,521	19.2%	1,143	29.3%	1,490	13.8%	1,377	20.5%	1,379	20.6%
バラン	都市	2,988	25.2%	2,737	21.9%	3,096	23.3%	3,067	17.7%	2,971	22.0%
トイライ	地方	507	18.1%	420	11.8%	510	9.3%	467	4.1%	475	11.0%
コドウ	地方	685	11.3%	575	5.1%	660	9.8%	654	0.0%	642	6.7%
ビンタン	地方	516	15.2%	460	16.3%	448	19.3%	503	19.6%	481	17.7%
タンアン	地方	862	23.3%	781	23.0%	758	24.2%	801	23.7%	799	23.5%
計		105,614	35.7%	92,798	33.7%	103,865	32.1%	99,588	31.6%	100,309	33.3%
カントーNo.1, No.2計		78,448	40.2%	68,069	37.7%	77,267	35.6%	72,569	35.9%	73,952	37.4%

注釈：カントーNo.1浄水場及びボンバン浄水場の配水区域の料金徴収は、カントー市上下水道公社の本社及びアンビン事務所でされており、浄水場ごとの内訳までは記録されていない。従って、徴収水量及び無収水量は上表の区分で集計した。

出典：カントー市上下水道公社

(4) 単位使用水量

カントー市では5つの水道料金区分が設定されており、各区分の使用水量は表3.1.5のとおりである。カントー市の家庭以外の水利用は全体の38%に達する。

表 3.1.5 2011 年水使用量

水道会社	浄水場	2011年平均水使用量(徴収水量)(m3/日)					
		貧困層	一般家庭	行政	工業	商業	計
カントー市上下水道公社	カントーNo.1	136	18,718	4,116	623	6,553	30,144
アンビン事務所	ボンバン	7	6,099	1,208	266	972	8,551
フンフー水道支社	フンフー	3	1,898	223	236	285	2,645
No.2水道有限会社	カントーNo.2	36	13,500	2,661	1,295	4,282	21,774
ビントゥイ事務所		25	2,959	425	40	842	4,291
チャノック株式会社	チャノック	22	1,630	71	5,440	569	7,732
トットノット株式会社	トットノット	38	3,268	404	148	1,062	4,921
ビンタン株式会社	ビンタン、タンアン	40	739	165	16	176	1,136
オモン株式会社	オモン、トイライ、コドゥ	60	1,682	250	89	304	2,385
ロンホア株式会社	ロンホア	8	816	110	6	91	1,031
カイラン株式会社	バラン	8	2,051	242	66	289	2,655
計		383	53,360	9,875	8,224	15,424	87,266
割合			61.6%	11.3%	9.4%	17.7%	100%

出典：カントー市上下水道公社

また、カントー市内の2011年における水使用量は全体平均で131 l/c/dayであり、表3.1.6に示すとおり、都市区分に応じて単位使用水量が大きく異なる。

表 3.1.6 2011 年の家庭利用水使用量原単位

水道会社	浄水場	一般家庭 使用水量 (m3/s)	給水人口 (千人)	単位使用水量 (L/c/d)
I. 都市郡(都市区)				
カントー市上下水道公社	カントーNo.1	24,960	145.5	142
アンビン事務所	ボンバン		7.8	
No.2水道有限会社	カントーNo.2	16,521	138.0	
ビントゥイ事務所				
II. 都市郡(準都市区)				
フンフー水道支社	フンフー	1,901	16.2	126
チャノック株式会社	チャノック	1,652	14.0	
トットノット株式会社	トットノット	3,306	27.5	
ロンホア株式会社	ロンホア	824	7.8	
カイラン株式会社	バラン	2,059	11.8	
III. 地方郡				
ビンタン株式会社	ビンタン	779	14.9	59
	タンアン		8.1	
オモン株式会社	オモン	1,742	8.1	
	トイライ		6.1	
	コドゥ		5.6	
カントー市合計		53,744	411.3	131

出典：カントー市上下水道公社

(5) 無収水率削減対策

カントー市上下水道公社は、2012年3月に無収水率削減対策部門を設立し、無収水率削減対策を実施している。同部門は以下の4つのチームから構成されている。

- 1) 配水管網管理チーム : 5名
- 2) 漏水箇所探知チーム : 11名
- 3) 漏水箇所試掘チーム : 5名
- 4) 水道メータ管理チーム : 4名

3.1.3 上水道 BOT 事業に係る法制度¹

本項では上水道の BOT 事業に係るベトナム国の主要な法規制の要約を記載する。

(1) 上水道事業及び水道料金に係る法規制

1) 上水道事業に係る許可証

ベトナム国において上水道事業に参画する場合、MONRE 或いは人民委員会より発行される表流水の利用許可証の取得が必要となる。

2) 水道料金の設定

現在カントー市に適用されている水道料金の最低額は 3,500VND/m³、最高額は 6,400VND/m³である。

水道料金の設定方法は、同国の「Joint Circular No.75/2012/TTLT-BTC-BXD-BNNPTNT (Joint Circular Guiding Principles and Method of Determination and Competence to Decide Water Consumption Price in the Urban Areas, Industrial Zones and Rural Areas)」に規定されている。これによると、水道料金は、水処理及び売水に係る総費用をカバーできる価格に設定する必要がある。決定された水道料金は、カントー市上下水道公社 (WSSC) によるとカントー市では三年毎に改定が行われているとのことである。

(2) 投資活動に係る法規制

同国の共通投資法 (Law No. 59-2005-QH11) によると、同国で投資事業を実施したい者は、人民委員会が発行する投資許可証を取得する必要がある。

ベトナムで初めて投資をする海外投資家は、具体的な投資プロジェクトがなければ企業登記できない。具体的プロジェクトについて、海外投資事業の投資登記手続きを行い、投資許可証を申請取得する。この場合、投資許可証は企業登記証明にもなる。

投資額 3,000 億 VND 以上の事業の場合は、投資許可証の発行前に人民委員会による事業評価が行われる必要がある。投資事業評価に対する申請書類はカントー市計画投資局 (DPI) に提出され、DPI が評価報告書を作成して人民委員会に提出し承認を求める流れとなる。

(3) 土地利用に係る法規制

1) 土地利用に係る許可証

ベトナム国においては、外国企業は土地の借用のみ可能 (土地の「assignment (=割当)」は不可) となっており、同国の土地法 (Law No.13/2003/QH11) に基づき、土地利用許可証を取得する必要がある。

但し、WSSC の所有地など、カントー市人民委員会の管轄下にある土地を事業用地とする場合においては、特に明確な規定が存在しないことから、カントー市人民委員会と協

¹ 本項の記載内容はベトナム国法規制の英訳版及びカントー市政府機関へのインタビューにより得られた情報に基づく。

議の上、土地利用許可を得る為に必要な具体的手続きを決定する必要がある。

2) 土地利用に係る費用

用地取得の際に発生する移転住民への賠償、支援、移転費用支払等の費用は、SPC の事業投資額に含まれる必要がある。(Decree 69/2009/ND-CP, 第 15 条)

BOT 事業の場合、BOT 法 (Decree 108、第 38 条) に規定される優遇政策により、SPC は事業用地にかかる土地税や土地賃料の支払いを免除される。

(4) BOT 事業に係る法規制

1) BOT 事業の承認と投資家選定に係る手続き

ベトナム国においては、BOT 事業は、Decree 108/2009/ND-CP (Decree on Investment in the Form of Build-Operate-Transfer, Build-Transfer-Operate or Build-Transfer Contract) に則り実施する必要がある (以降、「BOT 法」と呼ぶ)。

2) 事業契約の履行保証金

事業者が支払う事業契約の履行保証金は、総投資額 1 兆 5,000 億 VND 以下の場合、総投資額の 2% 以上必要となる。

3) 事業施設の譲渡

施設運営期間の終了に伴い、投資家は事業施設を政府に無償で譲渡する。

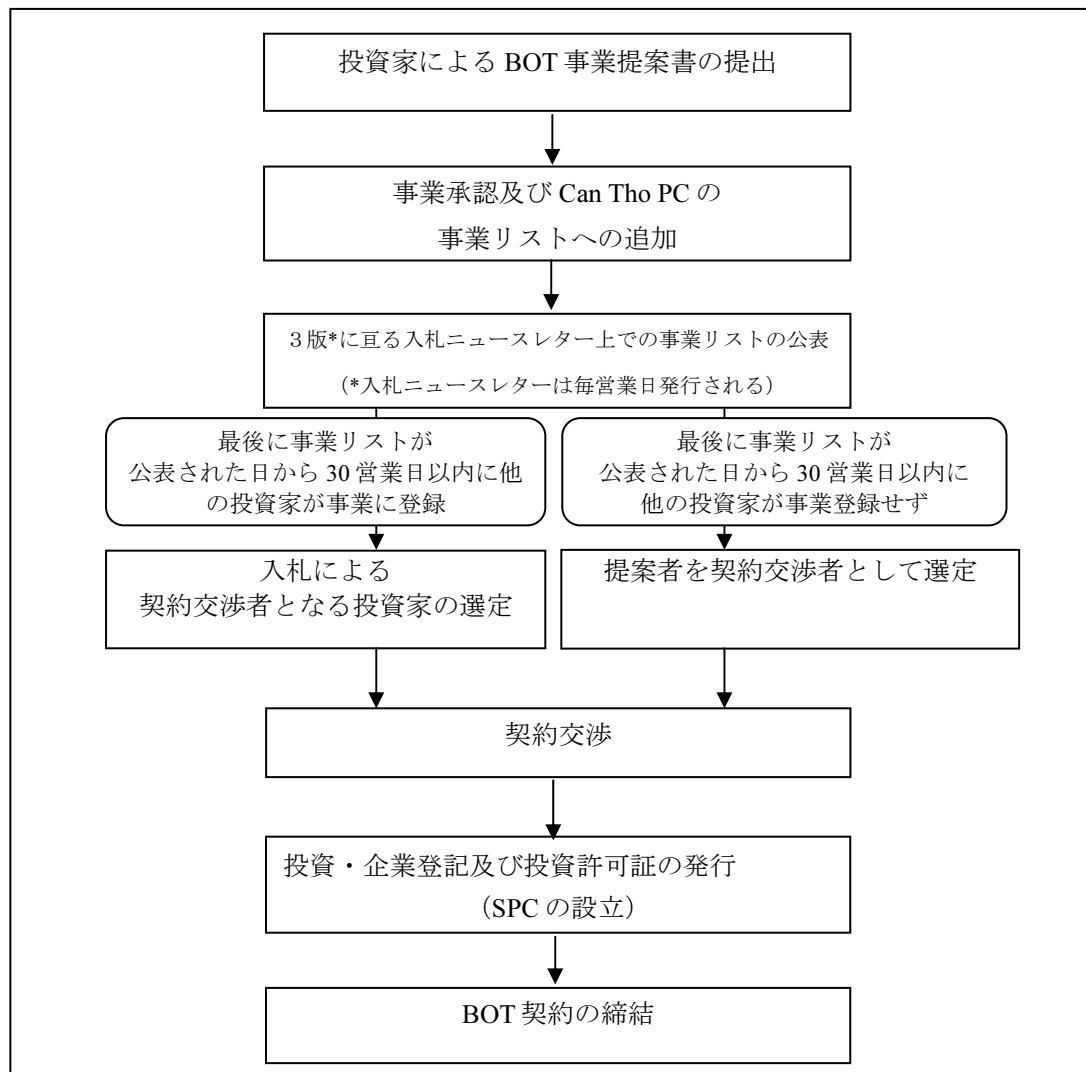
4) BOT 事業への投資優遇政策

BOT 法、共通投資法、及び Decree 124/2008/NC-DP (*Decree Detailing and Guiding the Implementation of a Number of Articles of the Law on the Enterprise Income Tax*) によると、水供給 BOT 事業には以下の投資優遇政策が適用される可能性がある。優遇政策の適用は所轄省庁の承認が必要であり、投資許可証上に適用について明記される必要がある。

- 資産を抵当に入れる権利の取得
- SPC や投資家、その他事業に係る企業を対象に、その債務・資材供給義務・製品販売義務等に対する政府保証を要請することができる。
- 事業用地にかかる土地税や土地賃料の支払い免除
- 法人税及び SPC に出資或いは株式購入した投資家が、配当として受け取った所得にかかる所得税額に対する優遇
- 事業に必要な部品、資材、運送機械、その他物品の輸入にかかる関税の免除
- 投資家が税務機関と税決算を実施後、赤字となった場合、赤字額を翌年度に繰り越し、翌年度の課税所得から控除できる。
- 固定資産の減価償却期間の短縮

4) BOT 事業への投資優遇政策

投資家が事業提案する場合における、BOT 事業組成の手続きは下図 3.1.3 の通りである。



出典：JICA 調査団

図 3.1.3. BOT 事業組成の手続き

3.1.4 WSSC 及び関連組織の財務状況

(1) 企業概要

1) 事業内容

WSSC は浄水・売水事業のみではなく、上水関連施設事業のコンサルティング、上水関連施設・備品の製造・販売等複数の事業を担っている。

2) 組織構造

WSSC は 5 社の子会社と 1 社の関係会社を有している。子会社 5 社のうち 1 社は Limited

Liability Company で、他 4 社は Joint Stock Company となっている。WSSC の関連会社である「CAI RANG Joint Stock Company」については、WSSC の財務諸表には連結されていない。

2) 沿革

WSSC の沿革は 1932 年に始まる。1970 年のカントー市設立後、Can Tho PC はカントー No.1 浄水場 (Lot 1) を 1973 年に設立し、1975 年に WSSC に譲渡した。

その後、浄水生産キャパシティが 10,000m³/日を超える主要浄水場の設立が続き、2007 年以降は各 Joint Stock Company の設立が続いている。

(2) 財務状況

WSSC の財務 3 表は、表 3.1.7～3.1.9 のとおりである。損益計算書 (P/L) 上、最近の 5 年間に於いて継続的に利益を挙げており、キャッシュフロー計算書上 2011 年のフリーキャッシュフローはマイナス、貸借対照表上、現状 3,160 億 VND の固定資産を有している。

表 3.1.7 WSSC 損益計算書

(10 億 VND)

P/L	単独		連結		
	2007	2008	2009	2010	2011
売上 (ネット)	75	99	140	162	185
(売上伸び率)		32.8%		15.5%	14.1%
売上原価	54	78	100	86	107
粗利益	21	21	40	76	78
(利益率)	27.5%	21.2%	28.5%	47.0%	41.9%
経常利益	6	4	22	55	43
(利益率)	8.6%	3.9%	15.5%	33.7%	23.1%
税引前利益	6	4	20	62	43
(利益率)	8.6%	4.2%	14.4%	38.1%	23.3%
法人税等	2	1	4	14	12
当期利益	5	3	16	48	31
(利益率)	6.2%	3.1%	11.4%	29.7%	17.0%

出典：カントー市上下水道公社

表 3.1.8 WSSC キャッシュフロー計算書

(10 億 VND)

CF	2007	2008	2009	2010	2011
営業活動によるキャッシュフロー			79	81	7
投資活動によるキャッシュフロー			-3	-12	-4
財務活動に係るキャッシュフロー			-42	-41	-9
現預金の増減			34	28	-6
期首現預金残高			32	65	91
為替差損益			-	-	-
期末現預金残高			66	94	85

出典：カントー市上下水道公社

表 3.1.9 WSSC 貸借対照表

(10 億 VND)

B/S	単独		連結		
	2007	2008	2009	2010	2011
流動資産	80	68	123	169	173
固定資産	219	227	236	251	316
資産計	300	295	359	419	489
流動負債	48	40	66	75	83
固定負債	103	99	99	115	143
負債計	151	140	165	189	225
資本計	147	154	168	208	236

出典：カントー市上下水道公社

(3) 新水道料金の提案

提案中の新水道料金案は表 3.1.10 の通りであり、平均価格については、5,584VND/m³と改定され、これまでの平均価格である 4,280VND/m³に対して約 1.3 倍となる見込みである。

表 3.1.10 新水道料金案

利用者種別		料金単価 (VND/m ³)
世帯	貧困世帯	4,000
	一般世帯:	
	- 消費量 ≤ 10m ³ /世帯	4,800
	- 10m ³ /世帯 < 消費量 ≤ 20m ³ /世帯	6,000
	- 20m ³ /世帯 < 消費量 ≤ 30m ³ /世帯	6,700
	- 消費量 > 30m ³ /世帯	7,700
公的機関		7,000
産業		7,800
商業		9,800
平均価格 (VAT 除く)		5,584

出典：No. 165/STC-QLG-CS Proposal- for Adjustment of Clean Water Tariff applied in Can Tho City (January 24th, 2013)

3.2 既存水道施設

3.2.1 浄水場

カントー上下水道公社は、現在 13 の浄水場を管理している。その給水区域は都市地域と地方地域に分類され、都市地域はカントーNo.1、カントーNo.2、チャノック、フンフーおよびのトットノットの 5 浄水場によって給水されている。その総浄水施設能力は $135,500\text{m}^3/\text{日}$ である。

地方地域は、残る 8 浄水場によって給水され、その総浄水施設能力は $18,920\text{m}^3/\text{日}$ である。この地域での各施設の規模は $480\text{m}^3/\text{日}$ ～ $5,000\text{m}^3/\text{日}$ と小さい。これら浄水場の施設の詳細は、表 3.2.1 に示す通りである。

(1) カントーNo.1 浄水場

この浄水場には 3 系統の処理施設がある。それぞれの施設能力は第 1 系統 $30,000\text{m}^3/\text{日}$ 、第 2 系統 $20,000\text{m}^3/\text{日}$ 、第 3 系統 $5,000\text{m}^3/\text{日}$ である。

浄水場の運転・維持管理に関しては、以下に挙げるような問題があり、その改善が必要である。

- i) 沈殿水濁度が多少高い。その理由は PAC の注入量不足であると推定される。
- ii) ろ過池の洗浄サイクルは僅か 1 日間隔である。凝集と沈殿が正常に行われている場合、このサイクルは通常 2～3 日であり、管理方法を改善すべきである。
- iii) アクセレータの汚泥掻寄機は停止していたが、長期間停止した掻寄機を再起動すると、濃縮した汚泥のため予想外の大きな負荷がかかるため、点検・修理以外の目的で停めるべきではない。
- iv) 排泥池の汚泥は定期的に抜かれ、タンク車で処分地に投棄していると報告されているが、定期的に搬出している形跡はなかった。
- v) 第 3 系統の沈殿池の傾斜板表面に藻の発生が見られた。藻の発生は傾斜板上に沈殿した汚泥の滑りを阻害するため、現在行っている前塩素注入頻度を多くする必要がある。

(2) カントーNo.2 浄水場

この浄水場には 2 系統の浄水処理施設がある。第 1 系統の処理能力は $40,000\text{m}^3/\text{日}$ 、第 2 系統は $2,500\text{m}^3/\text{日}$ である。浄水場の運転・維持管理に関しては、以下に挙げるような問題が抱えており、その改善が必要である。

- i) 沈殿水濁度が多少高い。調査団の行ったジャーテストの結果、PAC の注入量が不足していることが判明した。ろ過池洗浄サイクルは 1 日 1 回であり、カントーNo.1 浄水場と同様の改善が必要である。
- ii) 汚泥の処理が適正に行われていない。

表 3.2.1 既存浄水場の要約

番号	浄水場名称	設計処理量 (千m ³ /day)	現在処理量 (千m ³ /day)	所在地 (地区)	水源	取水ポンプ 仕様/水量	浄水処理方式	配水ポンプ 仕様/水量	汚泥処理法	運転開始年度
1	Can Tho No.1	55	60	Ninh Kieu	Can Tho River	縦軸 650 m ³ /h*4.5kW*3 900 m ³ /h*5.5kW*3 水中ポンプ 120 m ³ /h*11kW*3	HM+AC+CGF HM+AC+CGF PS+PF	縦軸 850 m ³ /h*132kW*3 850 m ³ /h*160kW*2 400 m ³ /h*100kW*1	汚泥池	1973/2004/2011
2	Can Tho No.2	42.5	47	Binh Thuy	Hau River/Khai Luong Canal	縦軸 950 m ³ /h*7.5kW*3 840 m ³ /h*5.5kW*2	HM+PU+AF PS+PF	縦軸 840 m ³ /h*132kW*1 840 m ³ /h*200kW*2	汚泥池	1998/2010
3	Tra Noc	20	10.1	O Mon	Hau River	縦軸 480 m ³ /h*3.7kW*2 450 m ³ /h*3.7kW*1	HM+PU+AF	縦軸 600 m ³ /h*110kW*1 600 m ³ /h*110-126.5kW*2	ラグーン	2004/2011
4	Hung Phu	10	4	Cai Rang	Hau River	縦軸 450 m ³ /h*3.7kW*2 水中ポンプ	HM+PU+AF	縦軸 600 m ³ /h*110kW*2	ラグーン	2005
5	Thot Not	7.5	7.1	Thot Not	Hau River	縦軸 110 m ³ /h*11kW*2 210 m ³ /h*11.5kW*2 渦巻 180 m ³ /h*22.5kW*1	HM+SB+AF TS+PF	縦軸 120 m ³ /h*22kW*1 72 - 165 m ³ /h*22kW*4	汚泥池	2005/2009
6	Long Hoa	2	1.9	Binh Thuy	Cam Canal	渦巻 54 - 132 m ³ /h*7.5kW*2	PS+PF	渦巻 54 - 144 m ³ /h*22.5kW*2	未処理	2010
7	Ba Lang	5	4	Cai Rang	Can Tho River	水中ポンプ 390 m ³ /h*11kW*2	PS+PF	208 m ³ /h*22kW*2 50 - 120 m ³ /h*22kW*1 54 - 144 m ³ /h*22.5kW*1	汚泥池	2009/2011
8	Vinh Thanh	3.22	0.5	Vinh Thanh	Cai San Canal	渦巻 10 - 28.8 m ³ /h*2.2kW*1 9 - 42 m ³ /h*7.5kW*2 水中ポンプ 18 - 252 m ³ /h*13.6kW*2	TS+PF SB+GF	渦巻 10 - 36 m ³ /h*4kW*1 40 m ³ /h*5.5kW*1 54 - 144 m ³ /h*22.5kW*2	未処理	2003/2008
9	Thanh An	0.72	1	Vinh Thanh	Cai San Canal	水中ポンプ 3 - 120 m ³ /h*7.5kW*2	PS+GF SB+GF	渦巻 21 - 78 m ³ /h*7.5kW*2 12 - 42 m ³ /h*3.0kW*1	汚泥池	1999
10	O Mon	2.4	2.4	O Mon	O Mon River	渦巻 250 m ³ /h*30kW*1 180 m ³ /h*18.5kW*1	PS+GF	渦巻 150 m ³ /h*30kW*1 110 m ³ /h*11kW*1	未処理	
11	Thoi Lai	2.5	0.5	Thoi Lai	O Mon River	渦巻 180 m ³ /h*7.5kW*1 200 m ³ /h*11kW*1	HM+SB+AF	渦巻 60 m ³ /h*11kW*2 180 m ³ /h*18.5kW*1	汚泥池	2006
12	Co Do	4.8	0.7	Co Do	Groundwater	深井戸ポンプ*3	PF	水中ポンプ*2	未処理	
13	Bong Vang	2.5	1.8	Phong Dien	My Khanh River	水中ポンプ 110 m ³ /h*11kW*2	PS+PF	渦巻 110 m ³ /h*22.5kW*2	汚泥池 (建設中)	2012

出典：JICA 調査団

備考：HM: 迂流式攪拌、MM: 機械式攪拌、AC: アクセレータ（スラリー循環形）、PU: 脈動形、SB: スラッジ・ブランクネット形、PS: 鋼製タンク+傾斜板式沈殿池、TS: 鋼製タンク+傾斜管式沈殿池、CGF: 従来型重力式ろ過池、AF: アカズールフィルター、GLF: 自然平衡型重力式フィルター、PF: 圧力式ろ過装置

(3) チャノック浄水場

この浄水場には 2 系統の浄水処理施設がある。その総処理能力は 20,000m³/日である。浄水場の運転・維持管理に関しては、以下に挙げるような問題があり、その改善が必要である。

- i) 沈殿水濁度が多少高い。その理由はカントーNo.2 浄水場と同様である。
- ii) パルセータの真空ポンプが運転されていない。この真空ポンプの運転は、この沈殿池にとってフロックを成長させるために不可欠であり停止してはならない。
- iii) 汚泥処理はカントーNo.1 浄水場と同じく適切に行われていない。

(4) フンフー浄水場

本浄水場の処理能力は 10,000m³/日で、チャノック浄水場とほぼ同様の処理方式を採用している。浄水場の運転状況、処理効果および抱える問題点はチャノック浄水場とほぼ同様である。

(5) トットノット浄水場

この浄水場には 2 系統の浄水処理施設がある。それらの処理能力は 5,000m³/日および 2,500m³/日である。浄水場の運転・維持管理に関しては、以下に挙げるような問題を抱えており、その改善が必要である。

- i) パッケージ型沈殿池に設置されている傾斜管の一部が水面上に露出している。沈殿池全体としての効率を低下させているため、修繕が必要である。
- ii) ラグーンからの汚泥を適切な処理がなされないまま河川に放流している。

(6) 処理水水質

表 3.2.2 は 2011 年に実施された水質試験の結果とその基準値をまとめたものである。この表からも分かるとおり、水処理は安定的かつ基準値の範囲内で製造・配水されている。

表 3.2.2 処理水水質の要約

	水質項目	単位	基準値	カントーNo.1 浄水場			カントーNo.2 浄水場			チャノック 浄水場			フンフー 浄水場		
				最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
1	色度	mg/l Pt	15	1	6.3	10	1	7.1	12	1	5.3	10	2	6.8	15
2	臭気			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	濁度	NTU	2	0.15	0.5	0.9	0.17	0.2	0.25	0.24	0.4	0.5	0.23	0.6	1.8
4	pH	mg/l	6.5-8.5	7	7.0	7.1	6.9	7.0	7.1	6.7	6.9	7	6.8	7.0	7.1
5	硬度	mg/l	300	52	59.3	66	50	56.8	65	50	57.8	66	50	55.8	60
6	鉄 (Fe)	mg/l	0.3	0.01	0.0	0.04	0.01	0.0	0.03	0.01	0.0	0.02	0.01	0.0	0.08
7	クローム (CrVI)	mg/l	0.05	0	0.0	0.01	0	0.0	0.01	0	0.0	0.01	0	0.0	0
8	塩素 (Cl ⁻)	mg/l	250	18	21.9	26	18	21.1	26	18	21.6	26	18	21.2	26
9	硝酸 (N-NO ₃ ⁻)	mg/l	50	0	0.1	0.8	0	0.3	0.8	0	0.2	0.7	0	0.1	0.4
10	亜硝酸 (N-NO ₂ ⁻)	mg/l	3	0.001	0.0	0.09	0.006	0.0	0.02	0.007	0.0	0.012	0.001	0.0	0.02
11	残留塩素	mg/l	0.3-0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5
12	硫化物 (SO ₄ ²⁻)	mg/l	250	1	5.0	15	1	4.8	11	1	5.2	11	1	6.3	15
13	マンガン (Mn)	mg/l	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0	0.2	0.3	0.01	0.1	0.2
14	アンモニア (NH ₄ ⁺)	mg/l	3	0	0.0	0.1	0	0.1	0.2	0	0.1	0.13	0	0.0	0.1

出典：カントー上下水道公社

3.2.2 配水施設

(1) 配水管

WSSC が管理している配水管の管径、延長、材質を表 3.2.3 に示す。管径が 200 mm 以下の配水管はポリ塩化ビニル (PVC) 製が多く、250mm 以上の配水管はダクタイル鋳鉄 (DCI) 製が多い。WSSC が管理している配水管の総延長は 500 km となっており、管径は 34mm から 700mm となっている。

表 3.2.3 配水管の管径、延長、材質

管径 (mm)	延長 (m)	材質
150 未満 (34~114)	302,475	PVC
	6,220	DCI
150	71,690	PVC
	2,157	DCI
200	45,909	PVC
	8,777	DCI
250	4,515	PVC
	19,347	DCI
300	9,209	DCI
314	4,135	PVC
375	4,621	DCI
400	6,341	DCI
600	13,886	DCI
700	500	DCI
計	499,782	PVC, DCI

出典：JICA 調査団

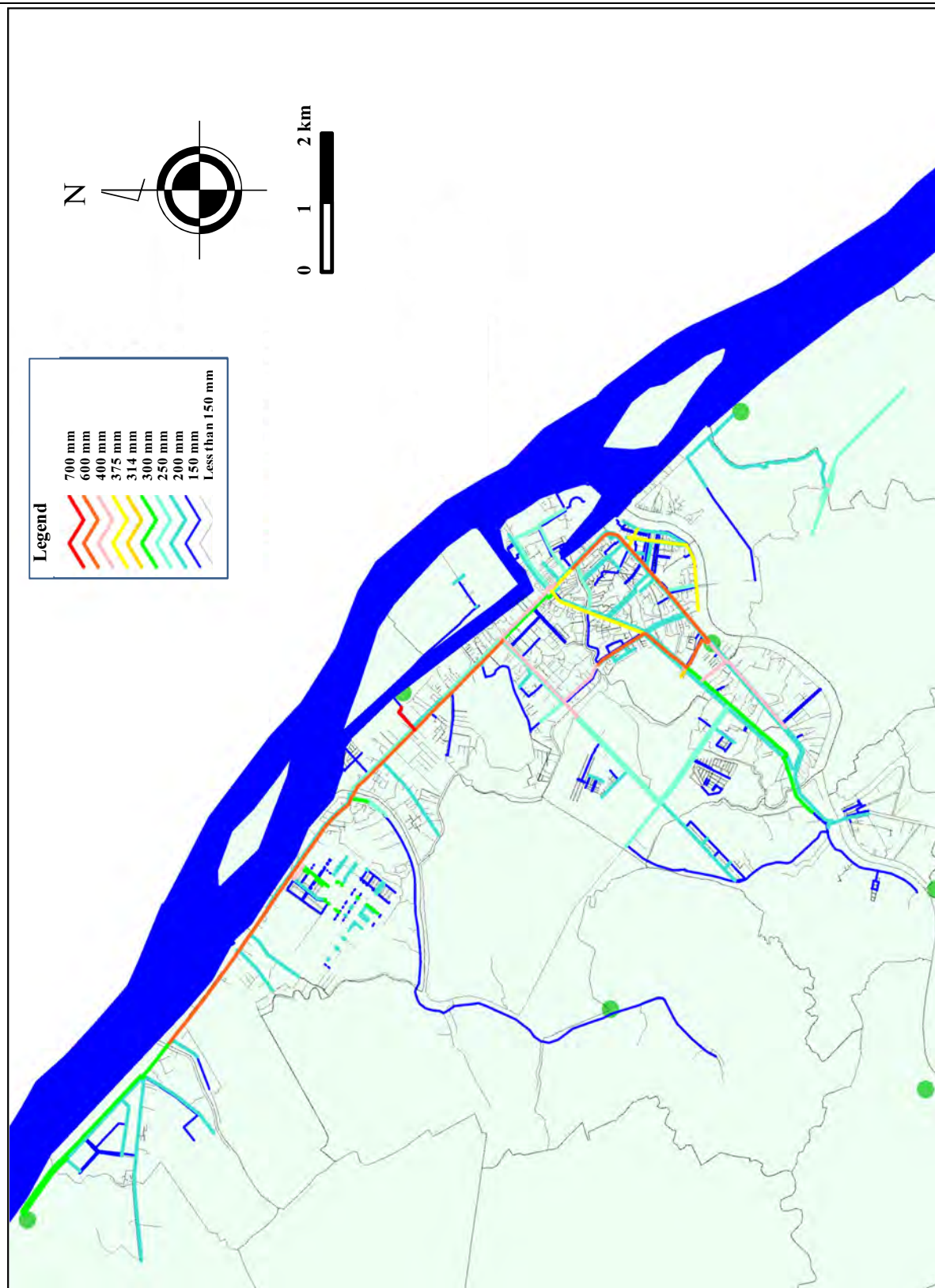
管径 300mm 以上の配水管の敷設年数を表 3.2.4 に示す。この内、70%以上が 15 年以内に敷設された比較的新しい管であった。

表 3.2.4 管径 300mm 以上の配水管の敷設年数

敷設年数	%
5 年未満	11
5-10 年	18
11-15 年	45
16 年以上	26

出典：JICA 調査団

図 3.2.1 に WSSC が管理している配水管の位置と管径を示した。人口が集中している都市区域の中心部では配水管が密に敷設されていることがわかる。



出典: WSSC

図 3.2.1. WSSC が管理している配水管網

(2) その他の配水施設

1) 配水池

都市区域には、カントーNo.1 浄水場内に $2,250\text{m}^3$ 、WSSC オフィス内に 500m^3 、チャノック工業団地内に 300m^3 の配水池が設置されているが、これら3つの配水池は現在運転を休止しており、配水は全て浄水場内の配水ポンプから直接行われている。

2) 圧力測定ステーション

WSSC が管理している配水管網には 70 箇所の圧力測定ステーションがあり、月一回動水圧を調べている。測定結果を図 3.2.2 に示す。

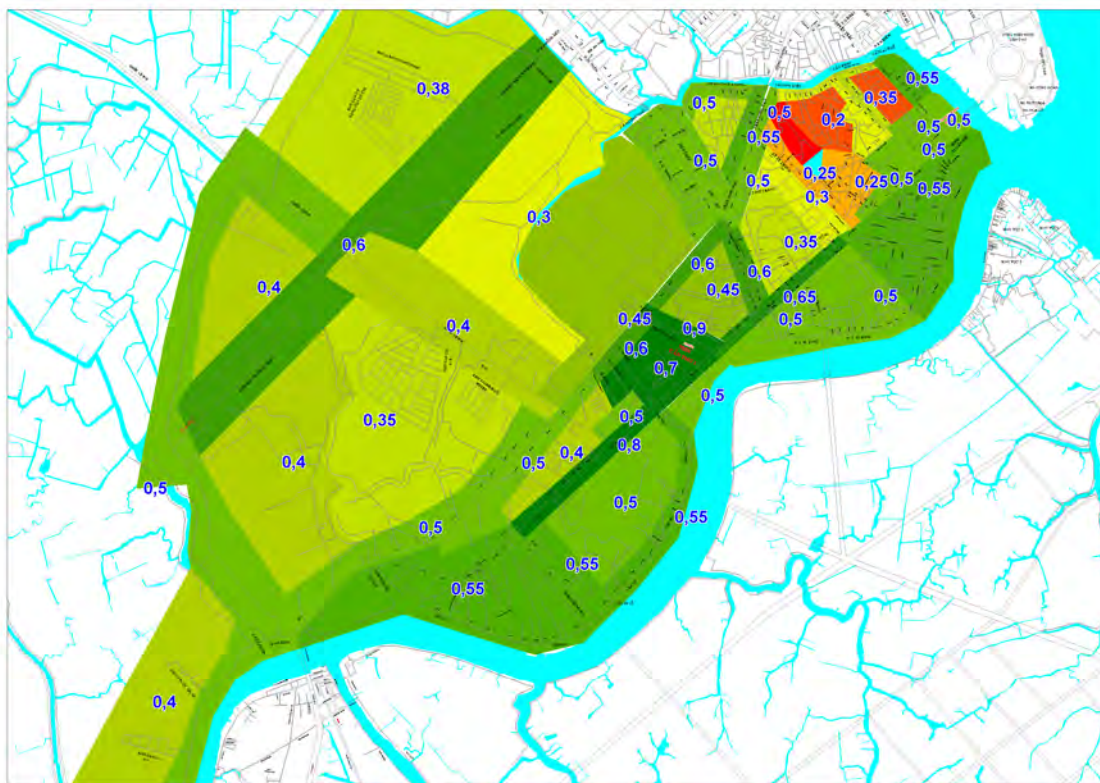
圧力測定の結果を基に、WSSC ではカントーNo.1、No.2 浄水場の配水ポンプの圧力を高くすることを計画している。現在の最低水圧は $0.2\text{ kgf/cm}^2(0.020\text{ MPa})$ となっているため、この水圧を 2015 年までに $0.5\text{ kgf/cm}^2(0.049\text{ MPa})$ 、2020 年までに $1.0\text{ kgf/cm}^2(0.098\text{ MPa})$ とすることを目標としている。

3) 消化栓

WSSC が管理している配水管網には消化栓が 326 箇所に敷設されており、WSSC では GIS データとして場所を記録し、管理している。この消火栓は年に 2 回 WSSC の職員が点検を行っている。動水圧が低い地域での消火活動において必要な水圧を確保するために、消防車には増圧ポンプが搭載されている。

4) バルブ

WSSC が管理している配水管網にはバルブが 345 箇所に敷設されており、WSSC では GIS データとして場所を記録し、管理している。このバルブによって配水管の工事、事故などの非常時における遮断操作を行い、カントーNo.1 浄水場とカントーNo.2 浄水場の配水区の分割をしている。



注釈: 水圧の単位は kgf/cm^2 (0.098MPa)

出典: JICA 調査団

図 3.2.2. WSSC による配水管網の圧力測定の結果

3.2.3 既存水道施設の問題点

(1) 浄水場の運転・維持管理不良

浄水場の運転・維持管理については、凝集剤の注入量不足、凝集沈殿池の未修繕・運転停止、汚泥処理の未実施など多くの問題がある。

(2) 配水管網での漏水発生

WSSC の無収水率改善対策部門からの報告によると、管径の小さな PVC 管で漏水が頻発している。この原因としては PVC 管の施工不良が考えられる。

無収水率削減対策部門では、漏水箇所の特定を進めているが、調査をするための十分な人員と機器は未だ確保されていない。

(3) 配水管網での動水圧不足

WSSC が管理している配水管網において、水圧が極端に低い地域が存在している。この原因としてはカントーNo.1、No.2 浄水場の配水ポンプの水圧が低いことが考えられる。

第4章 水道システムの将来計画

4.1 水道の将来計画の基本的枠組み

カントー市の将来の水道システムの基本的枠組みは次のとおりである。

- 1) カントー市の将来水道計画の目標年度は2020年とする。
- 2) 基本的にカントー市2030マスタープランに基づき将来の水道システムを計画するが、将来の水需要が区単位で予測されていないため、まず区単位の人口を予測し、2020年時点の各浄水場での不足容量を算出した。
- 3) 新規拡張区域は、カントー市建設局、カントー市農業地方開発局、及びカントー市上下水道公社の間で2012年に合意した拡張計画に基づいた。
- 4) 優先プロジェクトの対象区域は、都市区域中心部のカントーNo.1及びNo.2浄水場の配水区域より選定した。
- 5) 水質に問題がなく、塩水遡上問題が致命的な問題とならないため、ハウ川を新規浄水場の水源とした。

4.2 関連計画及び関連プロジェクト

4.2.1 カントー市2030マスタープラン

表4.2.1に示す内容のマスタープランが、2012年度末にカントー市の承認が得られた。

表4.2.1 カントー市2030マスタープランの概要

項目	内容					
目標年度	Ⅰ期(2020年)、Ⅱ期(2030年)					
人口予測	1.04 百万人.(2020 年)、1.5 百万人Ⅰ(2030 年)					
水需要	2020 年：302,788 m ³ /d、2030 年：485,664 m ³ /d					
浄水場 開発計画	No.	浄水場名	設計容量(m ³ /day)		水源 (河川及び水路)	備考
			2020年	2030年		
	1	カントーNo.1	50,000	50,000	カントー川	
	2	カントーNo.2	50,000	60,000	ハウ川	拡張
	3	コンクン	30,000	40,000	ハウ川	新設
	4	フンフー	15,000	15,000	ハウ川	拡張
	5	フンタン	10,000	20,000	カントー川	新設
	6	バラン	5,000	5,000	カントー川	
	7	ロンホア	4,000	4,000	ビントゥイ川	
	8	チャノック	40,000	60,000	ハウ川	拡張
	9	オモン1	2,500	2,500	オモン川	
	10	オモン2	30,000	50,000	ハウ川	新設
	11	トットノット No.1	20,000	40,000	ハウ川	拡張
	12	トットノット No.2	30,000	50,000	ハウ川	新設
	13	タンコイ	3,000	7,000	カイサン水路	拡張
	14	タンアン	3,000	6,000	カイサン水路	新設
	15	コドゥ	3,000	7,000	トットノット川	拡張
	16	トイライ	3,000	6,000	オモン川	拡張
	17	ソンハウ No.1	-	50,000	ハウ川	新設
	合計		298,500	472,500		

注釈：上表の浄水場は都市区域及び工業団地を対象としたものである。
地方区域は地下水を水源とした水道システムにより給水する。

出典：カントー市2030マスタープラン

4.2.2 先行及び実施中プロジェクト

(1) コンクン事業 (AfD 事業)

フランス政府の融資事業であり、2013 年 2 月時点では AfD により評価中である。本事業のフィージビリティ調査では、1) フォンディエン郡のフォンディエン区、ミカン区、ザイカン区、及び、2) ビントゥイ郡のロンティエン 区に給水する計画であり、II 期分を含めると全給水量は 20,000m³/日の予定である。

(2) ハウ川事業

ハウ川事業は 2020 年を目標としたベトナム国建設省によるメコンデルタ経済区への水供給事業であり、2010 年 11 月 12 日に Decision No. 2065/QD-TTg で承認された。カントー市 2030 マスタープランは本事業に準じたものではない。

4.3 水需要予測

4.3.1 水需要予測の指標

(1) 水需要予測の基本的考え方

2020 年を目標年度とした水需要予測を、ベトナム国建設省により定められた設計基準 (QCVN 07: 2010、QCVN 01: 2008、TCXDVN 33/2006) に基本的に準拠して実施した。

(2) 水需要予測に用いる指標

1) 一般家庭用の水利用

都市郡内の一般家庭利用の水使用原単位及び接続率は、ベトナム国設計基準 (TCXD VN 33: 2006) を用いた。一方、地方郡は現在の水需要状況を考慮して設計基準値を緩和し 100 l/c/day から 80 l/c/day に削減した。

2) 非家庭利用の水使用比率

ベトナム国設計基準 (QCVN 07:2010) とカントー市の実際の水使用量について、非家庭用水使用量の家庭用水使用量に対する割合を表 4.3.1 に示した。本調査では、カントー市の実際の水利用状況から計算された割合を用いた。

表 4.3.1 2011 年水消費量

カントー市徴収水量 における区分		2011 年水使用状況		ベトナム国設計基準 (QCVN 07: 2010)	ベトナム国基準 における区分
		カントー No.1 & No.2	他地区		
家庭用		100%	100%	100%	家庭用
非家庭用	行政用	20%	15%	10%	公共用
				8%	散水、道路維持用水、消火用水
	工業用	5%	0%	8%	商業及び都市サービス
	商業用	30%	20%		
計		55%	35%	26%	

注釈：工業団地内での水利用は上表の計算には含めていない

出典：JICA 調査団

3) 工業団地の水使用原単位

ベトナム国基準値（工業団地の水使用原単位は 40 m³/ha/day、接続率は 60%）を本調査に適用し、接続率は現状の企業入居状況及び工業団地の開発状況を勘案して設定した。

4) 結論

水需要予測に関する既存の計画（マスタープラン 2030）、カントー市上下水道公社の実測データ（2011）、並びにベトナム国の基準を基に、本事業で提案する水需要予測のための計画指標を比較し、表 4.3.2 に取りまとめた。

表 4.3.2 水需要予測に用いる計画指標

Category	Item	Unit	Can Tho Master Plan (2020)	Actual in 2011	National Design Criteria			Adopted for 2020	Note
					QCVN 07: 2010	QCVN 01:2008	TCXD VN 33: 2006		
I	Urban Class I (Urban District)								
	a. Domestic water use								
	Unit water consumption								
	(Urban area)	l/c/d	150	140	-	≥150	200	200	
	(Sub-urban area)	l/c/d	120	125	-	≥120	150	150	
	(Industrial zone)	m ³ /ha/d	30	-	40	20	- *1	40	*1: Some industries uses both treated water and groundwater.
	(Industries for food, paper, and textile)	m ³ /ha/d			-	-	45	-	
	(Other industries)	m ³ /ha/d			-	-	22	-	
	Service Ratio								
	(Urban area)	%	100	<99	-	≥80	99	99	
	(Sub-urban area)	%	100	<95	-	≥80	95	95	
	(Industrial zone)	%	70	5~65	≥60	≥60		90, 60	Tra No: 90%, Others: 60%
								CT-1,2	Others
	b. Public works and services	%	10	12, 10	≥10	≥10		12	10
	c. Plantation, road maintenance and fire fighting	%	8	8, 5	≥8	≥8	10	8	5
	d. Commercial and urban service	%	-	35, 28	≥8	≥8	10	35	20
	e. Non-revenue water								
	(Upgraded system)	%	15		≤20	≤30	<20		
	(New system)	%	15	34	≤15	≤25	<20	20	
	f. Water loss at treatment plant	%	-	6.1 - 12.1	≥4	≥4	5 - 8	5	
	g. Daily peak factor	-	-	-	-	-	1.1 - 1.2	1.15	
V	Urban Class V (Rural District)								
	a. Domestic water use								
	Unit water consumption	l/c/d	80	60	-	≥80	100	80	
	Service Ratio	%	100	<90	-	≥80	90	90	
	b. Public works and services	%	10	10	≥10	≥10		10	
	c. Plantation, road maintenance and fire fighting	%	8	5	≥8	≥8	10	5	
	d. Commercial and urban service	%	-	20	≥8	≥8		20	
	e. Non-revenue water								
	(Upgraded system)	%	15		≤20%	≤30	≤15	15	
	(New system)	%	15	16	≤15%	≤25	<20		
	f. Water loss at treatment plant	%	-	6.1 - 12.1	≥4%	≥4	10	5	
	g. Daily peak factor	-	-	-	-	-	1.1 - 1.2	1.15	

Note *1: QCVN 07: 2010/BXD, Vietnam Building Code Urban Engineering Infrastructures (Criteria)
*2: QCVN 01: 2008/BXD Vietnam Building Code Regional and Urban Planning and Rural Residential Planning (Criteria)
*3: TCXD VN 33: 2006 Water Supply - Distribution System and Facilities Design Standard (Standards)

出典：JICA 調査団

4.3.2 2020 年を対象とした水需要予測

2020 年の各配水区の水需要予測結果を表 4.3.3 に示す。

表 4.3.3 2020 年における浄水場を基本とした配水区毎の水需要予測

配水区 (浄水場単位)	人口 (千人)	給水人口 (千人)	家庭用 (m ³ /day)	非家庭用水需要			工業団地 水需要 (m ³ /day)	水需要 合計 (m ³ /day)	無収水量 (m ³ /day)	日平均 水需要 (m ³ /day)	日最大 水需要 (m ³ /day)
				行政 (m ³ /day)	公共 (m ³ /day)	商業 (m ³ /day)					
カントーNo.1	173	171	33,932	4,072	2,715	11,876	0	52,595	13,149	65,744	75,606
カントーNo.2	176	174	34,162	4,099	2,733	11,957	0	52,951	13,238	66,189	76,117
チャノック	32	30	5,132	513	257	1,026	10,512	17,440	4,360	21,800	25,070
フンフー	54	52	8,883	888	444	1,777	1,852	13,844	3,461	17,305	19,901
トットノット	55	52	7,800	780	390	1,560	2,496	13,026	3,257	16,283	18,726
オモン	39	38	6,909	691	345	1,382	0	9,327	2,332	11,658	13,407
ボンバン	10	9	1,020	102	51	204	0	1,377	344	1,721	1,979
ロンホア	12	12	1,753	175	88	351	0	2,367	592	2,959	3,403
バラン	24	24	4,736	474	237	947	0	6,394	1,599	7,993	9,192
トイライ	16	14	1,159	116	58	232	0	1,565	276	1,841	2,118
コドゥ	13	12	927	93	46	185	0	1,251	221	1,472	1,693
ビンタン	22	20	1,615	161	81	323	0	2,180	385	2,564	2,949
タンアン	16	15	1,176	118	59	235	0	1,588	280	1,868	2,148

出典：JICA 調査団

4.4 カントー市水供給改善計画

4.4.1 給水区域

2020年を目標年度とする給水区域は、計画給水区域図（3.1.2節の図3.1.3参照）に基づいて設定した。

4.4.2 浄水場の不足容量

表4.4.1に示すとおり、カントー市全体の浄水場の容量不足は合計87,000 m³/日であり、特に都市部のカントーNo.1、No.2浄水場の容量不足が顕著である。

表 4.4.1 2020 年における浄水場の不足容量 (単位: m³/日)

配水区 (浄水場単位)	日平均 水需要	日最大 水需要	浄水場容量(日最大ベース)		
			既存 浄水場	拡張中	不足 容量
カントーNo.1	65,744	75,606	55,000		20,606
カントーNo.2	66,189	76,117	42,500	10,000	23,617
チャノック	21,800	25,070	20,000		5,070
フンフー	17,305	19,901	10,000		9,901
トットノット	16,283	18,726	7,500	2,500	8,726
オモン	11,659	13,407	2,400		11,007
ボンバン	1,721	1,979	2,500		0
ロンホア	2,959	3,403	2,000		1,403
バラン	7,993	9,192	5,000		4,192
トイライ	1,841	2,117	2,500		0
コドゥ	1,472	1,693	480		1,213
ビンタン	2,565	2,949	3,220		0
タンアン	1,868	2,148	720		1,428
計	219,400	252,308	153,820	12,500	87,163

出典: JICA 調査団

4.4.3 水供給改善計画

(1) 浄水場の改善

カントー市の水道システムは、表4.4.2に示す方針で改善する必要がある。

表 4.4.2 2020 年水供給改善計画

配水区	2020 年水供給改善計画
カントーNo.1	21,000m ³ /日の不足容量を、新規浄水場にて補完する。
カントーNo.2	ロンホワ区に給水区域を拡大する計画である。24,000m ³ /日の増設が必要であり、既存の浄水場の敷地内に拡張する。
チャノック	6,000 m ³ /日の施設を浄水場の敷地内に拡張する。(チャノック工業団地内の地下水利用規制の適用、オモン工業団地の開発状況に左右される。)
フンフー	フンフー工業団地の開発に伴って、配水区域内の都市化が進む可能性を有しており、10,000 m ³ /日の拡張が必要である。
トットノット	9,000 m ³ /日拡張のため、新規に浄水場を建設する必要がある。(企業の入居及び開発状況に応じ、輸出加工工業団地組合と連携して容量を見直す。)
オモン	給水区域の拡張とオモン北工業団地の開発により、12,000 m ³ /日の新規浄水場が必要である。
ロンホア	2020年には浄水場容量約1,400 m ³ /日が不足し、コンクン浄水場かカントーNo.2浄水場により補完される必要がある。
バラン	2020年に向けて5,000 m ³ /日の浄水場の拡張が必要である。
ボンバン/トイライ/ビンタン	2020年までの浄水場容量は満足している。
コドゥ/タンアン	不足容量はハウ川事業により補完することが望まれる。

出典: JICA 調査団

(2) 無収水率削減対策

1) 無収水率削減対策の現状

2012 年上四半期におけるカントー市全体の平均無収水率は 33%となっているが、将来的に 26% (2013)、25% (2015)、18% (2020) へと改善することを目標としており、今後具体的なアクションプランを策定する予定である。

水道公社では目視による地上漏水の確認、音聴棒と電子式漏水探知器を用いた地下漏水の確認を実施しており今後更に調査を進める計画としている。

2) 無収水率削減対策の提案

カントーNo.1 浄水場の配水区域のように無収水率が高い地域では、給水管漏水の応急処置、メータの取替えを実施するだけでもある程度の無収水率の改善が期待できる。

漏水調査は、作業量が膨大であるうえに熟練の技術を要することから、作業を外部の専門業者に委託し、早急に全容を把握することが重要である。また、盗水、メータ不感水に対する対策も並行して進めていく必要がある。

第5章 BOT 事業に向けた優先事業の選定

5.1 優先事業の条件設定

5.1.1 対象区域の選定

事業の実現可能性を確認するため、以下の点を考慮して、カントーNo.1、カントーNo.2、フンフー、チャノックの各浄水場の配水区域を優先事業の対象地域として選定した。

- 浄水場の容量が大きく不足している地域
- 人口密度が高い地域
- 浄水場からの送配水管に要する投資費用を極力少なくできる地域

加えて、新設浄水場がオモン地区に建設された場合に限り、オモン浄水場の配水区域を対象区域として加える方針とした。

5.1.2 浄水場候補地の選定

浄水場建設には、カントー市上下水道公社の土地を利用することが望ましいが、利用できる面積に限られるため、カントー市上下水道公社の所有地と私有地を双方検討した。

カントー市上下水道公社の土地については、カントーNo.2、フンフー、チャノックの各浄水場用地を、一方私有地については、ビントゥイ 郡とオモン郡のハウ川沿いの私有地を浄水場候補地として選定した¹。

5.1.3 最適な水道システムのためのケーススタディ

最適な水道システムの確立のため、適正な配水区を検討するため、表 5.1.1 に示すケーススタディを設定した。

ケース 1 及びケース 2 は、浄水場をハウ川近傍の民地に新たに浄水場を建設する場合であり、ケース 3 からケース 5 までは、既存浄水場の敷地内に新たに浄水場を建設する場合である。

¹ 2012 年 10 月に承認された都市計画において、オモン地域の浄水場候補地としていた私有地は、宅地開発が行われることが決定した。本報告書では、検討実施時どおり同地区を浄水場候補地として、水道システムの比較検討を行う。

表 5.1.1 最適な浄水システムのためのケーススタディ

ケース	浄水場の場所	浄水場容量 (m ³ /day)	配管延長 (km)	配水地域				
				オモン	チャノック	カントー No.1	カントー No.2	フンフー
1	オモン	70,000	46.5	○	○	○	○	○
2	ビントゥイ	60,000	18.2		○	○	○	○
3	カントーNo.2 浄水場内	50,000	14.8		○	○	○	
	フンフー浄水場内	10,000	-					○
4	カントーNo.2 浄水場内	45,000	11.0			○	○	
	チャノック浄水場内	5,000	-		○			
	フンフー浄水場内	10,000	-					○
5	カントーNo.2 浄水場内	45,000	11.0			○	○	

出典：JICA 調査団

5.1.4 各ケースの概算事業費の算定

最適案を抽出する際の経済性評価のため、表 5.1.2 に示すとおり概算事業費を算定した。

表 5.1.2 各ケースの概算事業費

ケース	項目	費用 (十億ドン)	計
ケース 1 (70,000 m ³ /day)	1) 建設費	1,477	2,043
	2) 運転維持管理費 (22 年間)	566	(30.2 百万ドン/(m ³ /day))
ケース 2 (60,000 m ³ /day)	1) 建設費	804	1,065
	2) 運転維持管理費 (22 年間)	261	(18.8 百万ドン/(m ³ /day))
ケース 3 (60,000 m ³ /day)	1) 建設費	748	1,062
	2) 運転維持管理費 (22 年間)	314	(18.7 百万ドン/(m ³ /day))
ケース 4 (60,000 m ³ /day)	1) 建設費	782	1,135
	2) 運転維持管理費 (22 年間)	353	(20.0 百万ドン/(m ³ /day))
ケース 5 (45,000 m ³ /day)	1) 建設費	570	790
	2) 運転維持管理費 (22 年間)	220	(18.3 百万ドン/(m ³ /day))

備考：本ケーススタディの現在価値換算の割引率は、過去の類似案件を参考にして年 6%とした。

出典：JICA 調査団

5.1.5 最適システムの決定

表 5.1.3 に示す比較より、以下の観点からケース 5 を最適システムとして決定した。

- 「総費用÷浄水場容量」の指標値（単位建設費）を計算し、ケース 5 が 5 つの選択肢の中では最も事業効率性が高いとの結果が得られた。
- 新設浄水場がカントーNo.2 浄水場敷地内に提案されており、用地取得及び住民移転が不要となる。
- 本ケースにはフンフー及びチャノック工業団地が含まれていないため、水需要に関するリスクが少ない。

表 5.1.3 最適水道システム選定のための比較表

		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
模式図						
概要		オモン地区に浄水場を建設し、オモン、チャノック、カントーNo. 2、カントーNo. 1、フンフー地区に送水する。 非常に長い管路敷設を要し、多大な管路コストを要する。また土地収用に期間を要する。	浄水場を ビントゥイ地区(カントーNo. 2 浄水場の対岸)に建設し、チャノック、カントーNo. 2、カントーNo.1、フンフー地区に送水する。 送水管路延長はケース 1 よりはやや短くなるが、カントー川を横断する水管橋は依然必要	既存カントーNo. 2 浄水場とフンフー浄水場の敷地内にそれぞれ浄水場を建設する。カントーNo. 2 敷地内の浄水場からはチャノック、カントーNo. 2、カントーNo. 1 地区に送水する。送水管延長はやや短くなる。	既存チャノック、カントーNo. 2 及びフンフー浄水場内にそれぞれ浄水場を建設する。カントーNo. 2 敷地内の浄水場からはカントーNo. 2、そしてカントーNo. 1 地区に送水する。送水管延長はやや短くなる。	既存チャノック、カントーNo. 2 浄水場内に浄水場を建設し、カントーNo. 2、そしてカントーNo. 1 地区に送水する。送水管延長はやや短くなる。
対象区域及び 2020 年の不足 容量	O Mon	11,000 m ³ /日	-	-	-	-
	Tra Noc	5,000 m ³ /日	5,000 m ³ /日	5,000 m ³ /日	5,000 m ³ /日	
	CT-1	20,600 m ³ /日	20,600 m ³ /日	20,600 m ³ /日	20,600 m ³ /日	20,600 m ³ /日
	CT-2	23,600 m ³ /日	23,600 m ³ /日	23,600 m ³ /日	23,600 m ³ /日	23,600 m ³ /日
	Hung Phu	9,900 m ³ /日	9,900 m ³ /日	9,900 m ³ /日	9,900 m ³ /日	-
計		70,100 m ³ /日	59,100 m ³ /日	59,100 m ³ /日	59,100 m ³ /日	44,200 m ³ /日
浄水場の位置及び 容量		オモン 70,000 m ³ /日	ビントゥイ 60,000 m ³ /日	カントー No.2 50,000 m ³ /日 フンフー 10,000 m ³ /日	カントー No.2 45,000 m ³ /日 フンフー 10,000 m ³ /日 チャノック 5,000 m ³ /日	カントー No.2 45,000 m ³ /日
浄水場用地		3.5 ha	2.5 ha	3.0 ha	3.5 ha	2.5 ha
面積 (ha)		新設浄水場： 30,000 m ² 増圧ポンプ場： 5,000 m ²	新設浄水場： 25,000 m ²	浄水場(カントーNo.2)： 10,000 m ² 浄水場(カントーNo.2汚泥処分場)： 15,000 m ² 浄水場(Hung Phu)： 5,000 m ²	浄水場(カントーNo.2)： 10,000 m ² 浄水場(カントーNo.2汚泥処分場)： 15,000 m ² 浄水場(Tra Noc)： 5,000 m ² 浄水場(Hung Phu)： 5,000 m ²	浄水場(カントーNo.2)： 10,000 m ² 浄水場(カントーNo.2汚泥処分場)： 15,000 m ²
用地取得		必要(3.5 ha)	必要(約 2.5 ha)	必要(約 1.5 ha)	必要(約 1.5 ha)	必要(約 1.5 ha)
現状の土地利用		民地／農業用地	民地／農業用地	カントー市上下水道公社用地／浄水場 民地／農業用地	カントー市上下水道公社用地／浄水場 民地／農業用地	カントー市上下水道公社用地／浄水場 民地／農業用地
用地補償		必要	必要	若干量必要	若干量必要	若干量必要
配管	送水管	D300 – D800 L=32.5 km	-			-
	配水管	D400 – D900 L=14 km	D400 – D900 L=18.2 km	D400 – D800 L=14.8 km	D400 – D800 L= 11.0 km	D400 – D800 L=11.0 km
	合計	計 46.5 km	計 18.2 km	計 14.8 km	計 11.0 km	計 11.0 km
費用 (十億ベトナムドン)	取水施設及び浄水場	483	429	454 (367 (CT2)+ 87 (Hung Phu))	504 (345 (CT2)+72 (Tra Noc)+ 87 (Hung Phu))	345
	中継ポンプ場	76	-	-	-	-
	送水管路	647	201	137	107	107
	エンジニアリング	167	95	70	72	54
	施設更新	104	79	87	99	64
	運転・維持管理	566 (22 年間)	261 (22 年間)	314 (22 年間)	353 (22 年間)	220 (22 年間)
	Total	2,043	1,065	1,062	1,135	790
Total Cost / Capacity		30.2 百万 VND/ m ³	18.8 百万 VND/ m ³	18.7 百万 VND/ m ³	20.0 百万 VND/ m ³	18.3 百万 VND/ m ³
評価		5 位	3 位	2 位	4 位	1 位

出典：JICA 調査団

5.2 計画浄水場の設計

5.2.1 設計概要

計画浄水場の主要施設は表 5.2.1 に、また施設配置は図 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 浄水場の主要施設

設備名称	数量	仕様
取水ポンプ	3 台	容量: $Q=16.5 \text{ m}^3/\text{min}$ (2 台 + 1 台 予備, 回転数制御タイプ)
着水井	1 井	流出堰による急速攪拌
フロック形成池	4 池	迂流式
沈殿池	4 池	上向流式 傾斜管付き , 底部ホッパータイプ
塩素混和地	1 池	迂流式
急速ろ過池	8 池	一定流入, 自然平衡形, 自己逆流洗浄タイプ
浄水池	2 池	フラットスラブ構造 $V=7,500 \text{ m}^3$
配水ポンプ	3 台	容量: $Q=23.5 \text{ m}^3/\text{min}$ (2+1 予備)
逆洗排水槽	1 基	$V=400 \text{ m}^3$
汚泥貯留槽	1 基	$V=35 \text{ m}^3$
天日乾燥床	10 床	コンクリート構造 , $30 \text{ m} \times 45 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 10 \text{ 床}$
管理事務棟	1 棟	事務所、分析室、機械室、会議室、薬品室、その他

出典: JICA 調査団

5.2.2 自然条件

ハウ川は干潮河川で、その水位差は最高水位（標高）+2.05m から最低水位−1.55m までとなっている。浄水場用地内の地盤は標高+0.7m から+3.18m の範囲で変化している。浄水場の施工基面は、場内のほぼ平均高さである+2.20m に設定した。

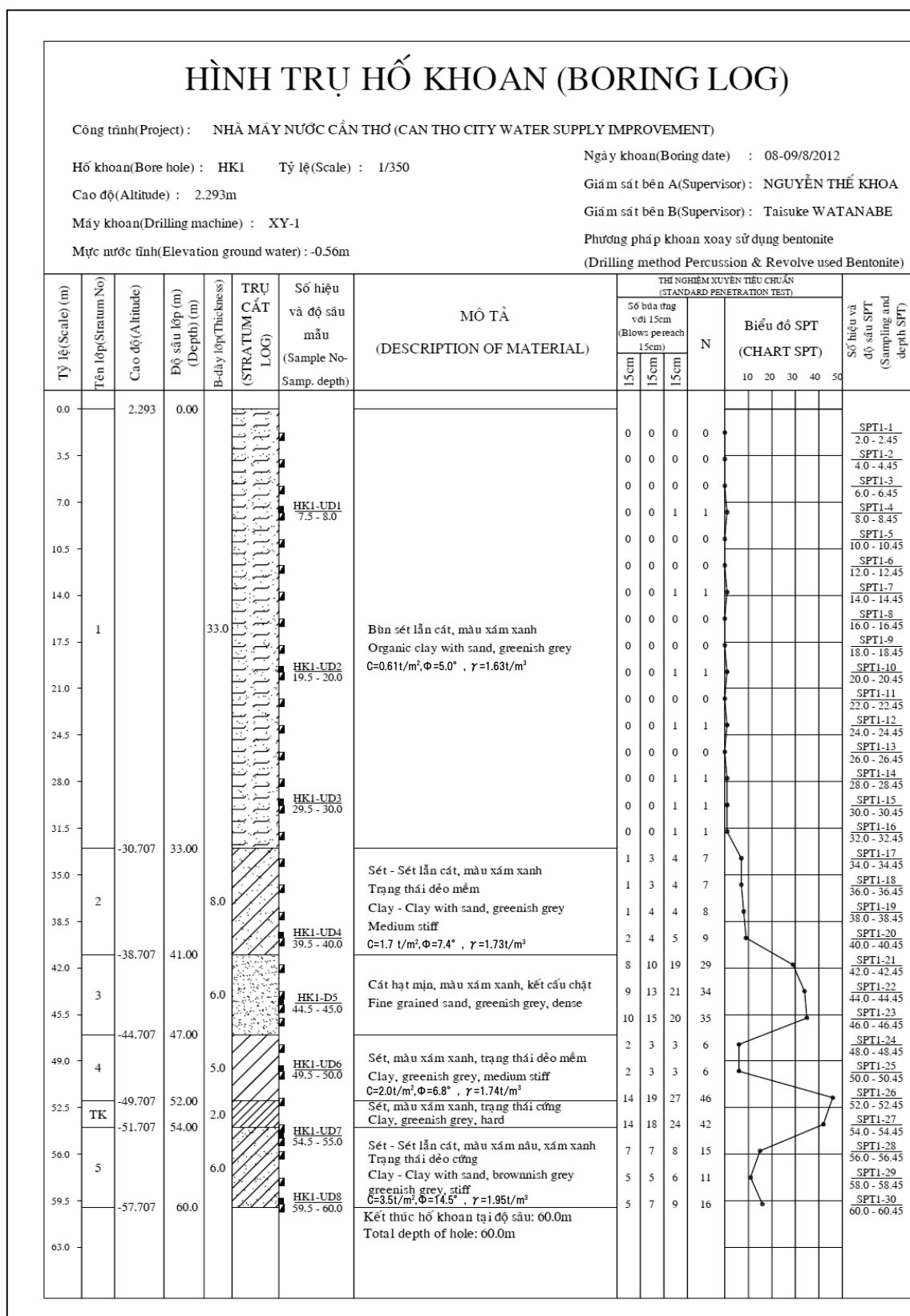
浄水場内では、2 か所でボーリング調査を実施した。ボーリングで得られた土質柱状図を図 5.2.2 に示す。深度 50m あたりまで全体的に N 値の小さい軟弱粘土地盤で、唯一 GL-30m 付近で N 値が 30 前後の砂層が存在する。構造物は自重による圧密沈下を防ぐためコンクリート杭で支持する必要がある。また、配水池や排水池のように深い位置まで掘削する必要がある構造物では、鋼矢板などの土留めが必要である。

5.2.3 プロセスのフロー

計画浄水場のプロセスのフローを図 5.2.3 に示した。



出典：JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 5.2.2 計画浄水場予定地のボーリングデータ

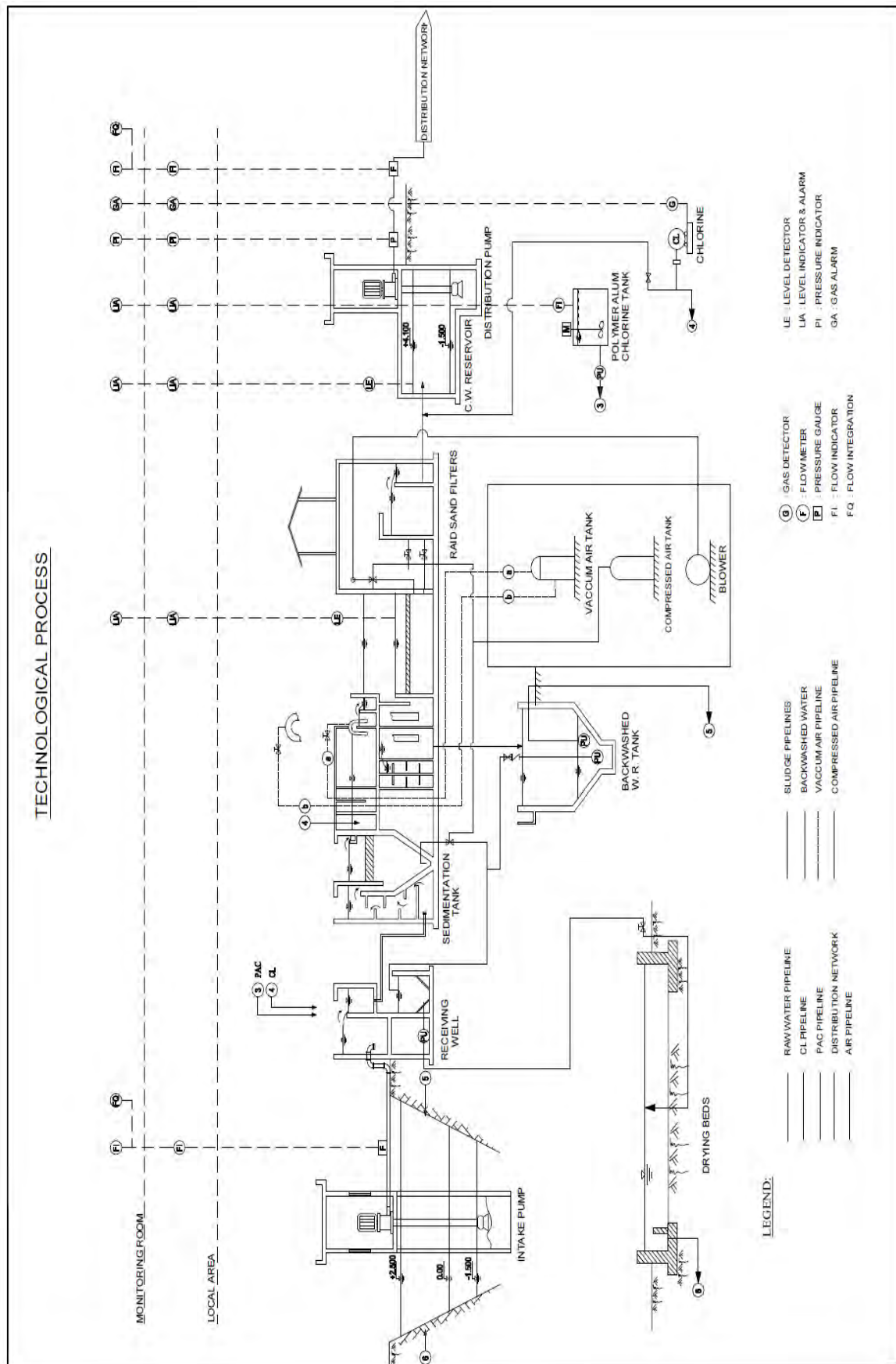


図 5.2.3 計画浄水場 フローシート

出典：JICA 調査団

5.2.3 水処理設備

(1) 取水ポンプ及び取水設備

取水設備は、既設浄水場の取水設備が設置されている運河上流部に設置する。取水のためのポンプ3台（内1台予備）及びコントロール盤を建屋に設置する。ポンプ容量は $3 \times 16.5 \text{ m}^3/\text{min} \times 15 \text{ m}$ とする。固定スピード制御と電圧可変周波数制御（VVVF）を使用した場合の経済性を比較し、表 5.2.2 に示した VVVF 制御を採用することとした。

表 5.2.2 固定スピード制御と VVVF 制御のコスト比較表

比較項目	VVF 制御タイプ	固定スピード制御タイプ
初期コスト	2,232,1x10 ⁶ VND	850.3x10 ⁶ VND
必要電気量	86.1 ~ 110.3kWh	112kWh
電気消費量	897,700kW/年	984,500kW/年
電気料金	2,600VND/kW	2,600VND/kW
年間の電気代	2,334.1x10 ⁶ VND	2,560.2 x10 ⁶ VND
コストの損益分岐点	6 ~ 7 年後	

出典: JICA 調査団

(2) 導水管

導水管の口径は 700mm、材質は鋳鉄管とし、取水設備から着水井へ敷設する。流量計は超音波タイプとし、管理事務棟のモニタリング室で監視する。PAC の注入率はこの流量計の値を基に調整する。

(3) 着水井

着水井の滞留時間は 1.5 分とする。凝集剤 PAC は着水性の堰の上で注入し水のエネルギーを用いて急速攪拌を行う。前塩素は藻の発生を防ぐために季節によって注入管理する。

(4) フロック形成池

フロック形成池は 4 池設けた。各池には水平迂流を起こすためにバツフル壁を設置し滞留時間は 15 分とした。流速は 10~25c m/秒である。排水、排泥は自然流下で排水槽へ流出させる。

(5) 沈殿池

計画浄水場の敷地面積は小さく、沈殿池のサイズを小さくするため傾斜管を用いた沈降装置を設置した。この方法は、運転やメンテナンスが容易なことが長所である。

(6) 中間塩素混和池

中間塩素混和池は、沈殿池と急速ろ過池との間に設置した。滞留時間は 15 分とし、混

和池には水平迂流を起こすためにバッフル壁を設けた。中間塩素注入により、ろ過池内の生物の増殖を防ぎ、ろ過池でのマンガン除去が期待できる。

(7) 急速ろ過池

急速ろ過池には、グリーンリーフ・フィルターと呼ばれる自然平衡形、自己逆流洗浄タイプとする。ろ過速度は $150 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 及び逆洗速度は $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{分}$ とした。

(8) 浄水池

浄水池はフラットスラブ構造とし、仕切壁で2池に分けた。滞留時間は4時間、容量は 7500 m^3 とした。サイズは $45 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 4.2 \text{ m H} \times 2$ (池) である。最低必要滞留時間は、3.5時間とした。

(9) 配水ポンプ

配水ポンプ3台(内1台予備)は配水ポンプの建屋に設置した。ポンプの仕様は $23.5 \text{ m}^3/\text{分} \times 40 \text{ m}$ 、斜流式縦型タイプで電圧可変周波数制御 (VVVF) とする。水圧は、配水ポンプが一日を通して最低送水圧力である 0.1 MPa となるよう制御を行う。

(10) 逆洗排水槽

逆洗排水槽は、急速ろ過池からの逆洗排水を受け入れる。水槽の容量は1回の逆洗排水量と同じ 400 m^3 とした。排水は数時間槽に滞留し、水槽内に設置した2台の水中ポンプによって排水する。2台の水中ポンプの内1台は、水槽の中間に設置し上澄水を運河へ放流し、残りの1台は水槽の底に設置し汚泥を手動運転にて汚泥貯留槽へ送る。

(11) 汚泥貯留槽

汚泥貯留槽は着水井と一体構造となっており、水槽の容量は 35 m^3 とした。沈殿池からの汚泥は定期的に水槽へ排泥される。汚泥ポンプは2台設置(内1台予備)、一軸ネジタイプとし、着水井の下部のポンプ室に設置する。

(12) 汚泥乾燥床

汚泥貯留槽の汚泥は汚泥乾燥床へ送られる。汚泥は太陽の光や風などで脱水される。汚泥乾燥床はコンクリート構造であり、コンクリートの仕切壁で幾つかの乾燥床に分かれる。

5.2.4 薬品及び貯蔵室

(1) 凝集剤

既設浄水場では、粉体 PAC (酸化アルミ含有率 30%) を使用しているが、本設計では液体 PAC (酸化アルミ含有率 10%) を計画した。 20 m^3 の PAC 貯留槽 2 台を管理事務棟の薬品室に設置する。貯留槽の貯留時間は、雨期で 15 日間、乾期で 45 日間とした。

(2) 消毒剤

計画浄水場では消毒剤として液化塩素を使用する。液化塩素は1トンボンベで浄水場の管理事務棟にある塩素室に設置される。塩素室の床は0.5m低くなっており、塩素ガスが漏れた時にも一定時間室内に滞留する構造とした。

5.2.5 管理事務棟

管理事務棟は1) 機械室、2) 作業所、3) 薬品室、4) 塩素室、5) モニタリング室、6) 水質分析室、7) 事務所、8) 会議室、9) その他で構成される。機械室には、逆洗用ブロワー及び空気作動弁用のエアーコンプレッサを設置する。

5.2.6 電気及び機械設備

(1) ポンプ設備

取水ポンプ及び配水ポンプはVVVF制御タイプを採用する。急速ろ過池の空気逆洗用にルーツタイプのブロワーを機械室に設置する。容量は $10.8 \text{ m}^3/\text{min} \times 60\text{kPa} \times 18.5\text{kW}$ とした。

逆洗排水槽の水中ポンプは1台は上澄み排出用、もう1台は排泥用とする。汚泥貯留槽に設置するポンプは、汚泥濃度2%以上の汚泥を天日乾燥床へ排出するために一軸ネジポンプとする。

(2) 受電設備

計画浄水場はカントー電力公社より電源を供給を受ける。計画浄水場の最大電気負荷は概ね700kWである。電源供給ラインは計画浄水場内に設置される受電点までは高圧の22kVで送電され、計画浄水場内に設置される変圧器によって低圧の380Vに変圧される。

(3) 非常電源供給設備

停電時における浄水場の運転のため、発電機を設置した。また、無停電電源装置(UPS)をモニタリング室に設置し、計装設備及び運用記録システムなどに電源を供給する。

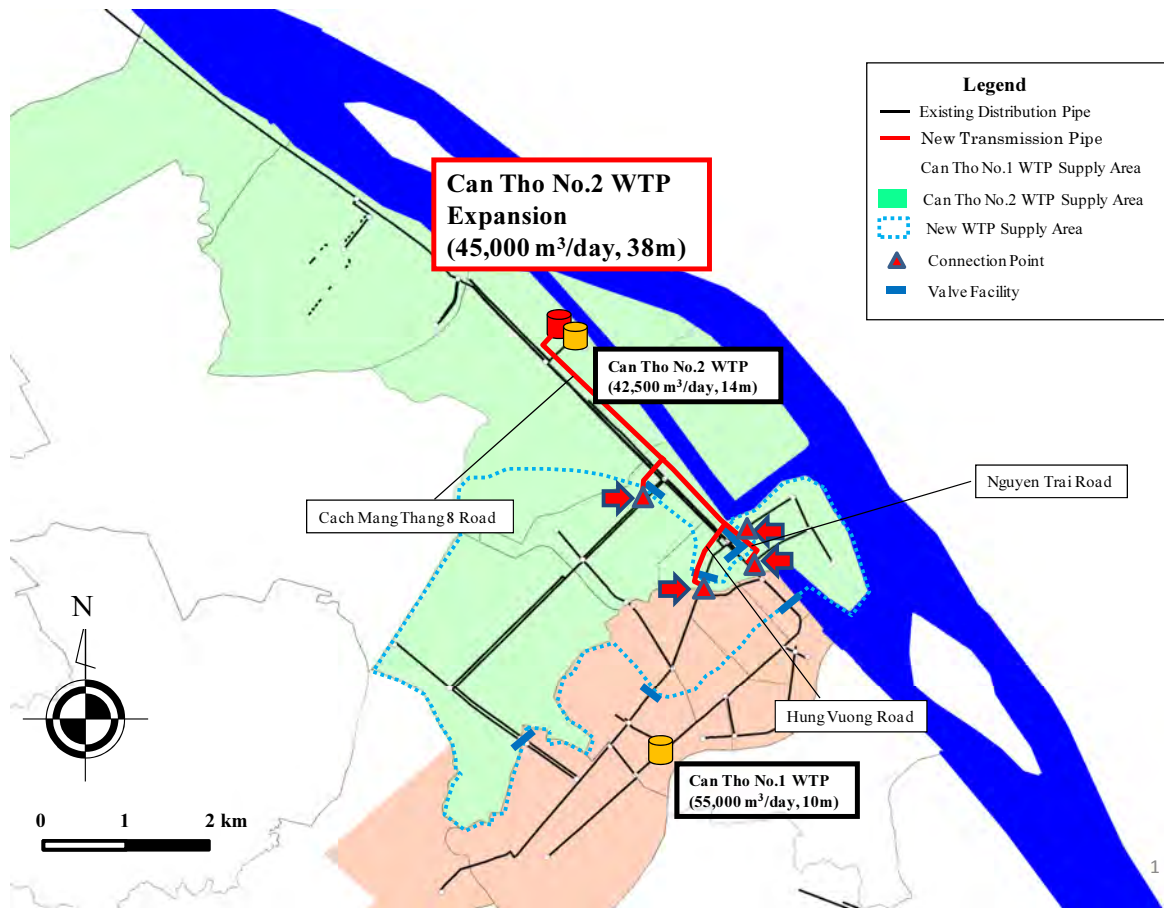
(4) 制御と監視システム

計画浄水場は7つの設備に分けられる。1) 取水ポンプ設備、2) 着水井設備、3) 沈殿池設備、4) 急速ろ過池設備、5) 配水ポンプ設備、6) 汚泥処理設備、7) 薬品注入設備、これらの設備の運転状態はモニタリング室のモニターで監視する。

5.3 送水システム

5.3.1 送水システムの概要

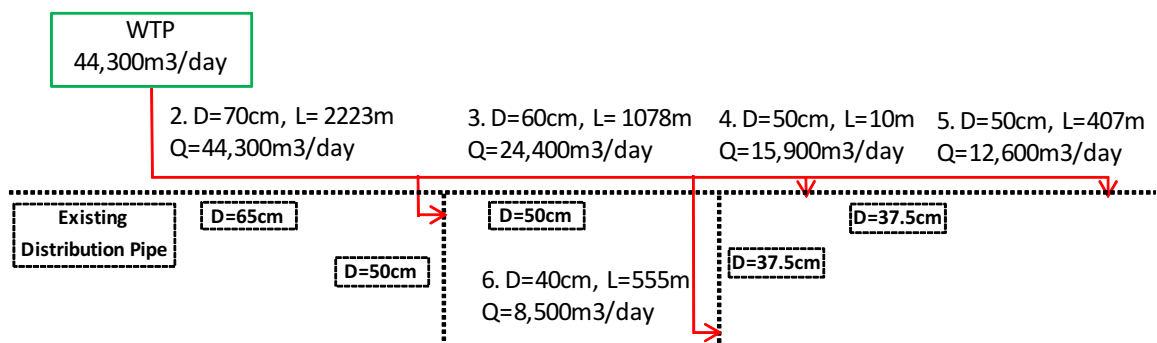
本事業の新規送水システムでは提案する浄水場から既存の浄水場の配水区域の一部に送水することとする。図 5.3.1 に新規送水システムの概要図を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.3.1 新規送水システムの概要図

新規送水システムでは、バルブで区画分けを行った。また、水理計算と経済比較から最適な管径を算出した。図 5.3.2 に新規送水管路の諸元を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.3.2 新規送水管路の諸元

5.3.2 送水管路の敷設

(1) 敷設ルート

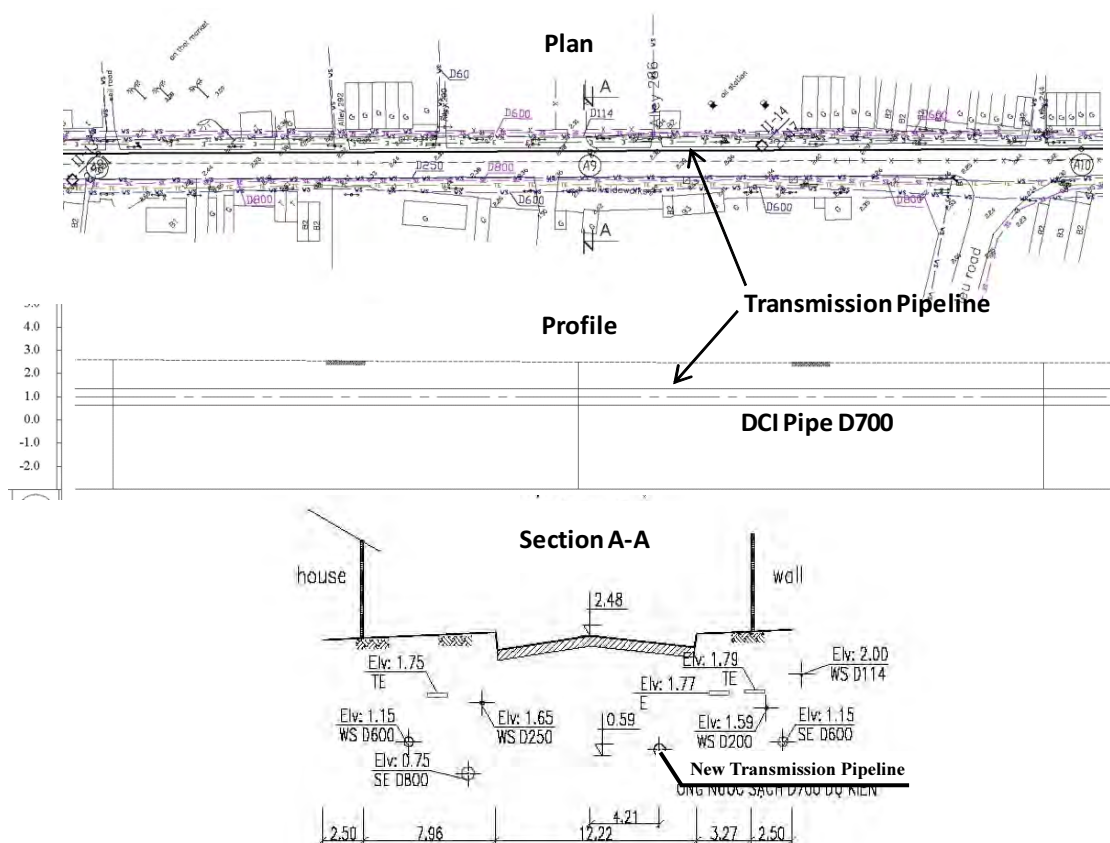
送水管路は浄水場から国道に沿って敷設し、合計 4 箇所の接続点から既設配水管路に送水をおこなうこととした。送水管路の全体配置図は別添図面集の G-1/1 に示した。

(2) 既存地下埋設物

上述した国道の道路幅は 13m～18m、歩道幅は 5m となっており、地下には電話線、配水管、下水管、送電線が埋設されている。これらの埋設深は電話線が 1.0～1.2 m、配水管が 0.7～1.5 m、下水管が 0.3～2.0 m、送電線が 1.0～1.2 m となっている。国道の下には既に地下埋設物が多数設けられているため、基本的に車道の下に敷設することとした。

5.3.3 送水管路の平面、縦断線形計画

新規送水管は車道端部、道路の中心から 4～5m の占用位置に敷設する。土被りは基本的に 1.2m とする。送水管路配置例を図 5.3.3 に示す。



備考：TE:電話線、WS:配水管、SE:下水管、E:送電線、Elv:管底高
出典：JICA 調査団

図 5.3.3 送水管路配置例

5.3.4 管種の選定

新規送水管の管種の選定のため表 5.3.1 に示す比較検討を行った。

表 5.3.1 管種の比較検討結果

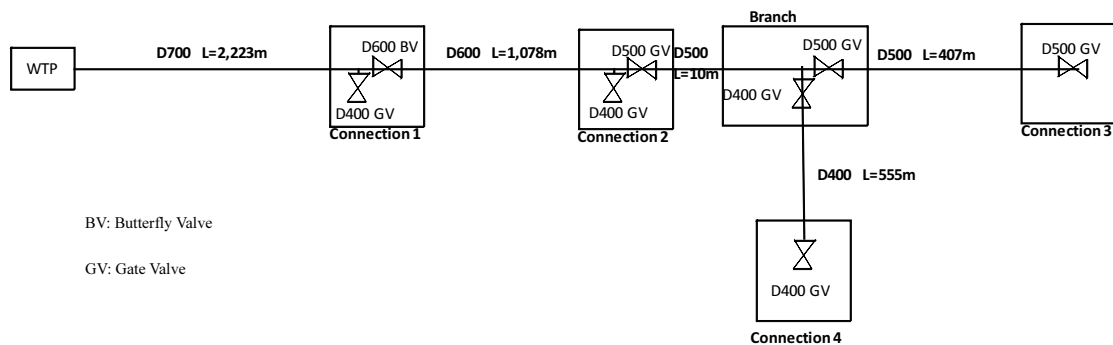
	ダクタイル鋳鉄管	鋼管
施工性	<ul style="list-style-type: none"> - 施工性がよい - 特殊な技術、機具を必要としない 	<ul style="list-style-type: none"> - 溶接技術者が必要 - 厳格な品質管理が必要 - 乾燥状態での施工が必要
	◎	△
材料単価 (管径 400 mm)	3,250,000 VND/m	1,907,000 VND/m
	○	◎
敷設・土工単価 (管径 400 mm)	1,200,000 VND/m	2,100,000 VND/m
	◎	△
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> - 高い耐久性を有する 	<ul style="list-style-type: none"> - 電食に対する防護が必要
	◎	△
WSSC での使用実績	管径 250mm 以上の管路ではダクタイル管が標準的に使用されている。	ベトナム国では高水圧区間や河川横断等の特殊区間を除き、使用される例が少ない。
	◎	△
総合評価	◎	△

出典：JICA 調査団

管種の比較検討の結果、新規送水管にはダクタイル鋳鉄管を採用することとした。

5.3.5 バルブ施設

新規送水管と既設配水管との接合部及び分岐部においてはバルブを設置した。バルブ配置図を図 5.3.4 に示す。

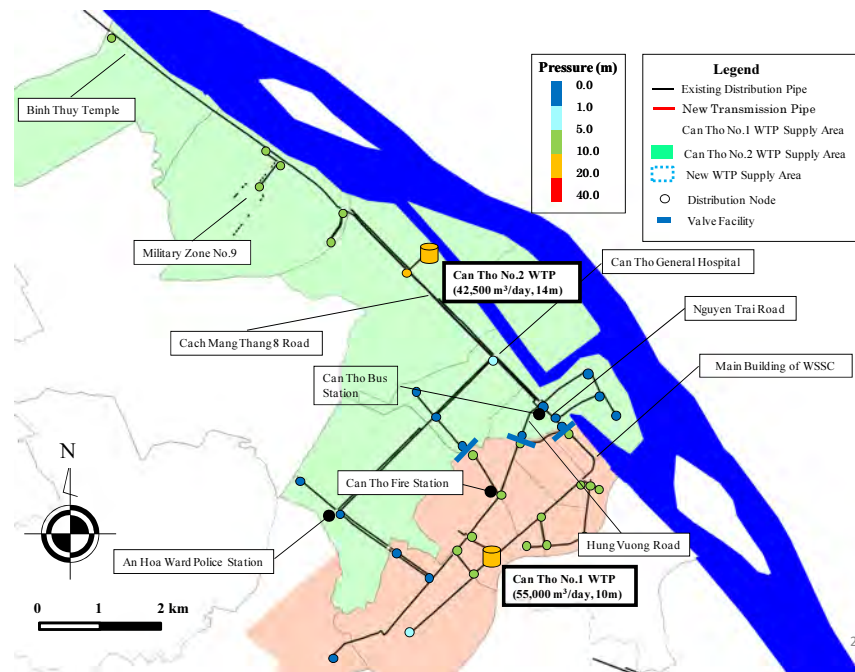


出典：JICA 調査団

図 5.3.4 バルブ配置図

5.3.6 水理解析

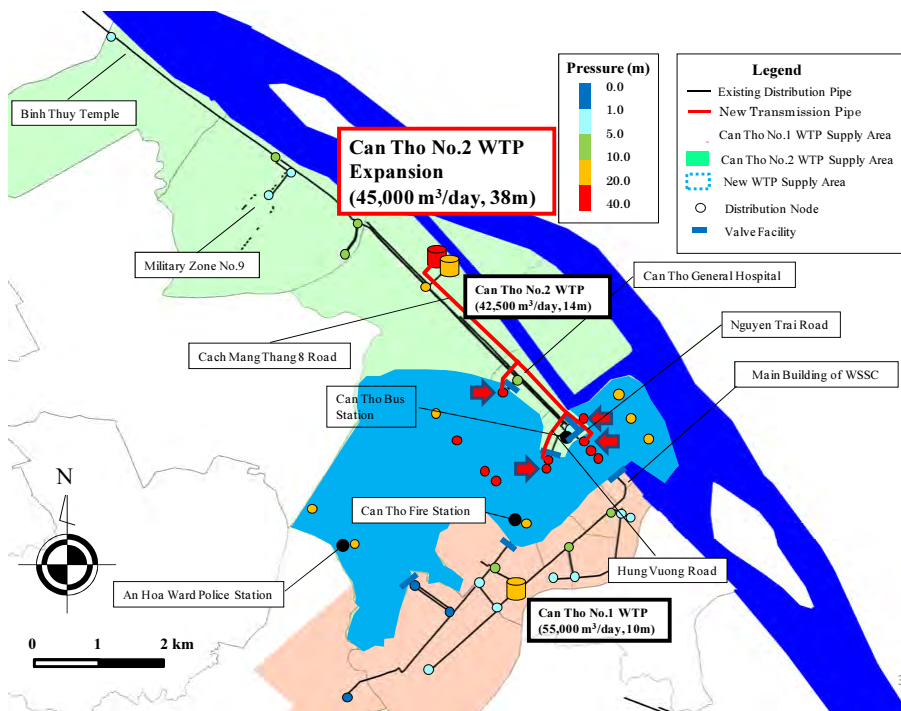
新規浄水場から既存配水管に送水した際の各流出点の水圧の変化を確認し、既存配水管への影響と適正なバルブの位置を検討するため水理解析を行った。既存配水管網の水理解析結果を図 5.3.5 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.3.5 既存配水管路網の水圧状況

既存配水管網の水理解析結果、及び将来の水需要予測に基づき、新規配水管網の水理解析を行った。新規配水管網の水理解析結果を図 5.3.6 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.3.6 新規配水管路網の水圧状況

図に示すように、既存浄水場の給水区域では、特に浄水場から離れた場所では水圧が 10m 以下のままであった。これは既存浄水場からの水圧が低いことが原因であり、今後既存浄水場の送水ポンプの水圧を上げることが必要となる。

第6章 事業費積算及び建設スケジュール

6.1 事業費積算

6.1.1 施設概要

本事業で建設する施設は表 6.1.1 に示す通りである。

表 6.1.1 施設概要

施設	概要
A. 取水施設	形式：栈橋形式、ポンプ室建屋：RC 及びコンクリートブロック造 取水ポンプ：縦型斜流ポンプ 16.5m ³ /min x 15m x 60kW 3 台
B. 浄水施設	
凝集沈殿池	上向流式、傾斜管付き、4 系列
急速ろ過池	自己洗浄式、8 池、サイホン式、 逆洗ブロワー、ルーツタイプ、10.8 m ³ /min x 60kPa x 18.5kW 2 台
浄水池及び送水 ポンプ設備	総容量：7,500m ³ 、2 系統 送水ポンプ：縦型斜流ポンプ 24m ³ /min x 40m x 220kW 3 台 場内給水施設：渦巻きポンプ 0.2m ³ /min x 25m x 1.5kW 1 台
排水処理設備	逆洗水タンク 350m ³ 排水ポンプ：水中ポンプ 1.25m ³ /min x 15m x 5.5kW 2 台 排泥調整タンク 50m ³ 排泥ポンプ：一軸ねじポンプ 0.23m ³ /min x 15m x 0.75kW 2 台
薬品設備	PAC 注入設備 ダイヤフラムタイプ 2.9 lit./min x 0.75kW 2 台 塩素注入設備 4kg/h 3 台 バルブ作動用コンプレッサー 240 lit./min x 0.83MPa x 2.2kW
電気設備	受電盤、制御盤、計装設備、ケーブル 緊急用発電機：3 相 4 線 750kVA
汚泥乾燥床	10,000m ² (50m x 50m, 4 箇所)
C. 送水管路	
送水管	DCI パイプ D700 – D400 延長 4.3km

出典：JICA 調査団

6.1.2 積算条件

(1) 事業費の算定条件

- 1) 価格レベル：2012 年 5 月
- 2) 為替レート：1 円＝266 ドン（2012 年 5 月 31 日 Vietcombank Selling Rate）

(2) 事業費の構成

1) 建設費（CAPEX）

- a) 土木工事費、b)機械・電気設備費、c)補償費、d)マネジメント、e)設計・施工監費、f)その他、g)予備費

2) 運転・維持管理費（OPEX）

- a) 電力費、b)薬品費、c)メンテナンス費、d)人件費、e)乾燥汚泥処分費

6.1.3 建設費

(1) 土木工事費

土木工事費を表 6.1.2 に示す。

表 6.1.2 土木工事費

項目	金額 (百万ドン)	備考
I. 直接費		
取水施設	6,723	
浄水施設	126,130	
送水管路	46,547	
他直接費	4,485	2.5% of above
直接費	183,884	T
II. 現場管理費	11,952	$C = T \times 6.5\%$
III. 一般管理費等	10,771	$TL = (T+C) \times 5.5\%$
税抜き土木工事費	206,607	$G=T+C+TL$
IV. 付加価値税	20,661	$GTGT=G \times 10\%$
税込土木工事費	227,268	$G+GTGT$
V. 建設管理費	4,545	$G \times 2\% \times 1.10$
土木工事費計	231,813	

出典：JICA 調査団

(2) 機械・電気設備工事費

機械・電気設備費を表 6.1.3 に示す。

表 6.1.3 機械・電気設備費

項目	金額 (百万円)
I. 機械・電気機器調達費	627
II. 技術移転費	(III. に含む)
III. 機器設置、作動試験・調整費	211
計 (税抜き)	838
付加価値税 (10%)	84
総計	922

出典：JICA 調査団

(3) 土木及び機械・電気設備工事費の施設ごとの表示

土木及び機械・電気設備工事費を施設ごとに示したものを表 6.1.4 に示す。

表 6.1.4 土木及び機械・電気設備工事費の概要

	土木工事費		機械・電気設備工事費		計	
	10億 ドン	(百万円 換算)	10億 ドン	(百万円 換算)	10億 ドン	(百万円 換算)
A 取水施設 (47,500 m ³ /day)	9	33	66	247	74	279
B 浄水施設 (45,000m ³ /day)	164	612	180	675	343	1,288
C 送水管路	60	226	0	0	60	226
Total	232	871	245	922	477	1,793

出典：JICA 調査団

(4) 建設費総括

上記をとりまとめた総括表を表 6.1.5 に示す。

表 6.1.5 建設費総括表

1円 = 266ドン

	外貨 (FC Portion)	内貨 (LC Portion)	計		
	(億ドン)	(億ドン)	(億ドン)	円換算 (百万円)	
1. 土木工事費	34	198	232	871	VAT(付加価値税)含む
2. 機械・電気設備工事費	62	183	245	922	VAT(付加価値税)含む
3. 補償費	0	0	0	0	
4. プロジェクトマネジメント費	20	13	33	126	7 % of (1.+2.)
5. 設計・施工監理費					
6. その他費用					
7. 予備費	6	20	26	96	5 % of (1. - 6.)
初期建設費	122	414	536	2,015	

出典：JICA 調査団

6.1.4 運転・維持管理費

年間運転・維持管理費は 23.44 十億ドンとなった。

6.2 建設スケジュール

詳細設計及び試運転期間を含めた工事期間は 32 カ月を予定しており、2016 年末に施設引き渡しを想定している。 工事スケジュールを図 6.2.1 に示す。

Tasks	2014			2015				2016			
	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
Preparation of Detail Design											
Approval of Detail Design											
Mobilization											
Site Preparation											
Intake Pier construction											
Earth work and Structure work											
Installation of M&E Equipment and piping											
Transmission Pipeline											
Commissioning Test and Hand over											

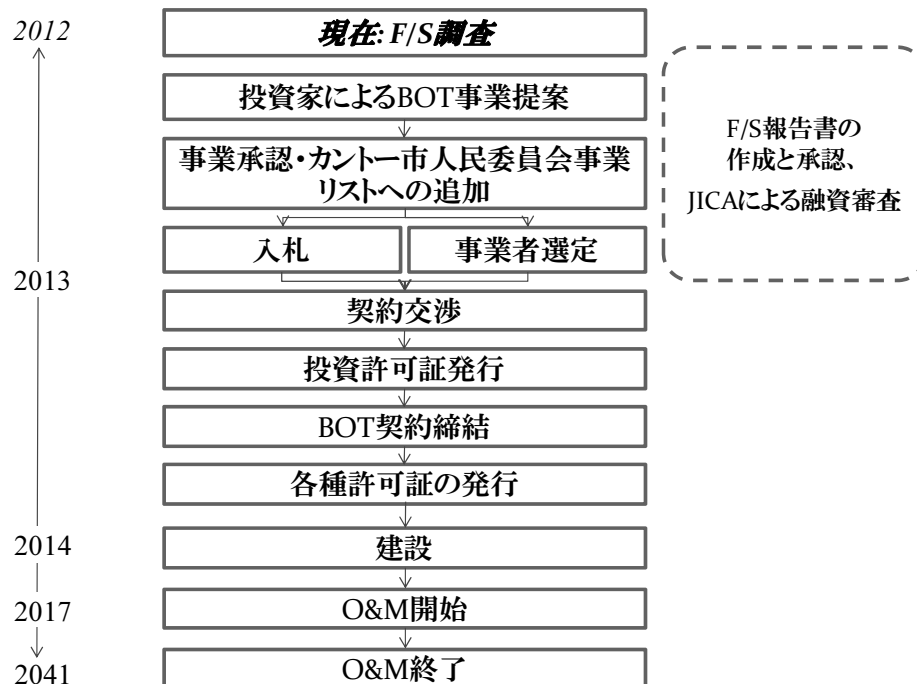
出典：JICA 調査団

図 6.2.1 工事スケジュール

第7章 事業実施計画

7.1 事業全体スケジュール

図 7.1.1 は、本調査の提案事業の全体スケジュールを示したものである。



出典：JICA 調査団

図 7.1.1 事業全体スケジュール

7.2 詳細スケジュール

7.2.1 事業組成期間

事業組成期間は、1) 事業設計、2) 事業承認、3) 契約交渉及び締結の 3 フェーズに分かれる。図 7.2.1 は各フェーズにおける主要なタスクとそれぞれの実施時期を示す。

フェーズ	主なタスク	2012			2013				2014		
		4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	...
事業設計	F/S調査及びカントー市人民委員会との協議										
	事業設計についてカントー市人民委員会と調査団間で基本合意										
事業承認	JICAによる融資審査										
	投資家による事業提案とカントー市人民委員会による事業承認										
	F/S報告書の承認										
契約交渉及び締結	株主間契約										
	SPCとカントー市人民委員会間のBOT契約 (投資許可証の発行含む)										
	融資契約と直接(ステップイン)契約										
	EPC 契約とO&M契約 (下請企業の選定を含む)										

出典：JICA 調査団

図 7.2.1 事業組成スケジュール

7.2.2 建設期間

建設期間は詳細設計フェーズと建設フェーズを含み、2014 年に開始する予定である。当該期間は3年を想定しており、2016 年度末に完工となる予定である。(建設期間のスケジュールについては第6章を参照)

7.2.3 O&M 期間

O&Mは2017年に開始する想定である。当該事業のO&M期間は25年を見込んでおり、2041年に終了する。

フェーズ	タスク	2017 - 2018	2019 - 2020	2021 - 2022	2023 - 2024	2025 - 2026	2027 - 2028	2029 - 2030	2031 - 2032	2033 - 2034	2035 - 2036	2037 - 2038	2039 - 2040	2041
O&M	運営													
	定期補修													

出典：JICA 調査団

図 7.2.2 O&M スケジュール

第8章 リスク分析

8.1 リスク分析及びリスク対策の検討

8.1.1 リスク分担

事業に係るリスクについては、事業関係者間における適切な分担の在り方と、リスク顕在化に備えた具体的な対策を事業組成時に検討しておく必要がある。特に、リスク分担においては、各リスクを最も効率的・効果的に管理できる者が負う構造にすることが重要である。これは、最も効率的・効果的に管理できるものがリスクを負うことで、リスク管理にかかる費用を最小化することができ、事業コストの低減に繋げることができる。事業コストの削減はSPCが提供するサービス価格を抑えることにも繋がり、サービスのオフテイカー（多くの場合、政府がオフテイカーとなる）にとっても有益である。同時に、リスクの所在を明確化することで、それらのリスクを負担することとなる各関係者が、リスクの顕在化を防ぐために最大限の努力をするインセンティブが働くという利点もある。

8.1.2 BOT インフラ事業における一般的なリスク

BOT インフラ事業において一般的に検討が必要となるリスクは、商業要因や財務要因、外部要因により生じるものに分類される。本調査では、それぞれの要因別に、提案事業において想定されるリスクの抽出を行った。更に調査団はこれらのリスクを 1) フェーズ共通、2) 事業組成、3) 建設、4) 運転維持管理 (O&M) フェーズ毎に分類した上で、事業関係者 (SPC、投資家、ベトナム政府、オフテイカー、EPC 事業者、O&M 事業者、金融機関、保険会社) の間でどのように各リスクを分担するかについてリスク管理手法を整理した。各関係者の役割は、当該リスク分担に基づき決定されることになる。本分析ではリスク管理手法の一つとして保険の適用有無も示しており、以下のような BOT 事業で加入される一般的な保険を適用している。

- 海外投資保険
- 操業開始遅延保険
- 建設工事保険
- 請負業者賠償責任保険
- 第三者賠償責任保険

BOT インフラ事業における主要なリスクについては表 8.1.1 のとおりであり、各リスクの管理手法の詳細については本編を参照されたい。

表 8.1.1 BOT インフラ事業において想定される主要なリスク

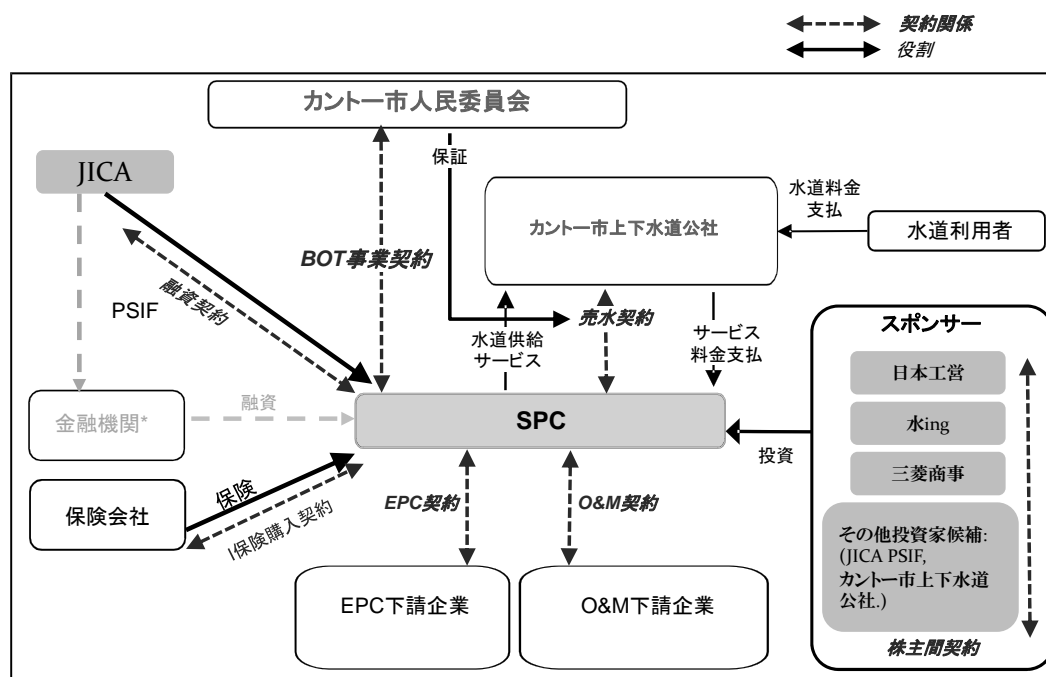
事業フェーズ	リスク	リスク詳細
共通	金利変動リスク	金利変動により、SPC による利息の支払が増加する可能性がある。
共通	外貨交換リスク	銀行が十分な外貨を保有していない場合、SPC が VDN を JPY 及や他の交換可能通貨に交換できない可能性がある。(通常、貿易赤字国は外貨準備が不足しがちである。)
共通	送金リスク	SPC は、ベトナム国外へ JPY 又はその他通貨建て資金を送金できない可能性がある。
共通	不可抗力リスク	不可抗力事象が発生し、当該事業にマイナスの影響を及ぼす可能性がある。不可抗力には、天災、政府又は政府当局による行為、法規制・命令への準拠、火災、嵐、洪水、又は地震、戦争(宣戦布告の有無に係わらず)、反乱、革命、暴動、委託業者による履行の遅延・不履行、ストライキ又はロックアウトを含むがこれらに限られない。
事業組成	用地取得リスク	土地取得、現場整理及び施設の敷設権取得に遅延が生じ、又は失敗し、SPC がスケジュール通り事業を開始できない可能性がある。
建設	完工遅延リスク	建設の完工が遅延し、事業全体のスケジュールに影響を及ぼす可能性がある。
O&M	オフテイカーに関する信用リスク	オフテイカーは、SPC により提供される業務に対し、対価支払を実行できない可能性がある。
O&M	販売量変動リスク	水の販売量が低下し、SPC の売上が減少する可能性がある。
O&M	外為変動リスク	VDN-JPY の為替レートが変動し、SPC の売上低下をもたらす可能性がある。
O&M	競合リスク	競合他社の市場参入により、SPC の売上低下をもたらされる可能性がある。
O&M	インフレリスク	インフレにより、SPC の支出が増加する可能性がある。
O&M	外為変動リスク	VDN-JPY の為替レートの変動により、SPC の支出が増加する可能性がある。

出典：JICA 調査団

8.2 事業スキーム案

8.2.1 事業関係者と役割

本調査が対象とする事業においては、1) カントー市、2) オフテイカー、3) スポンサー/SPC、4) 融資者(金融機関)、5) 保険会社、6) 下請企業が係ることを想定しており、その関係は図 8.2.1 の通りである。PSIF は、現時点では SPC に対し直接提供される想定としている。



*2STEPとする場合、PSIFは現地金融機関を介してSPCに提供される。

出典：JICA 調査団

図 8.2.1 事業スキーム案

本調査では、事業において締結が想定される以下の契約それぞれについて、一般的な規定項目の一覧を作成した。

- BOT 事業契約
- EPC 契約
- O&M 契約
- 株主間契約
- オフテイク契約

このうち BOT 事業契約とオフテイク契約については、現在想定する日本の投資家は以下の表 8.2.1 の条件を必須条件としている。

表 8.2.1 本邦投資家が求める必須条件

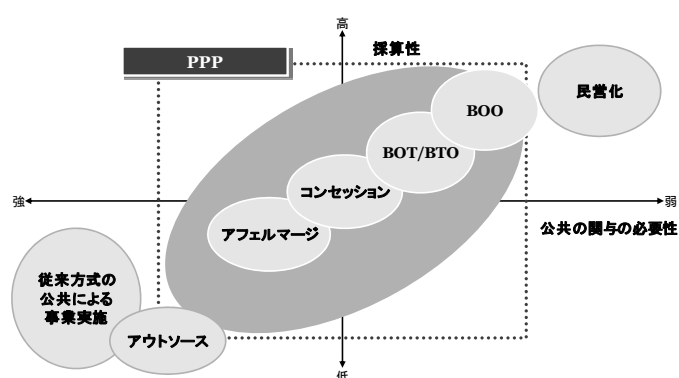
契約	本邦投資家にとっての必須条件
BOT 事業契約	<ul style="list-style-type: none"> ・ BOT 契約履行に対する政府保証 ・ 事業用地取得並びに用地整理に対する政府保証 ・ 用地取得、用地整理、説の敷設権取得に係る手続きの政府による履行 ・ 事業終了時の税務上の資産価値をゼロとし、SPC から政府への資産移転時の資産欠損や損傷の補修からの免除 ・ 契約期間(締結後、運営開始から 25 年後までとする) ・ オフテイクを帰責事由として契約が中途解約に至った場合、オフテイクは SPC に対して、未経過事業期間に支払う予定であった元利返済及び株式配当額並びにその他追加費用及び損失の合計額を、予め定めた割引率で割り戻した金額を支払うこと ・ 不可抗力契約が中途解約に至った場合、オフテイクは SPC に対して、Fixed Charge(Capacity Payment)(第 10 章参照)の未払残高について予め定めた割引率で割り戻した金額を支払うこと
オフテイク契約	<ul style="list-style-type: none"> ・ オフテイクは、実際の売水量に関わらず、オフテイク契約に定める条件での売水が可能な状態である限りにおいて、SPC に対して一定の売水対価を支払うこと ・ SPC は、水不足、水質悪化、電気・ガス共有の問題、その他不可抗力により発生する損失・損害に対して責任を負わないこと ・ 売水価格は Fixed Charge(Capacity Payment)と Variable Charge により構成される Payment Formula に基づき決定されること

出典：JICA 調査団

第9章 事業モデルスキーム

9.1 公共事業における官民連携（PPP）手法の導入

「PPP」とは民間セクターが公共事業や公共サービスを提供する場合の様々な手法を指すが、主な PPP 事業方式としては、BOO (建設・所有・操業)方式、BOT (建設・所有・移転方式) 方式、BTO (建設・移転・所有) 方式、コンセッション方式、アフェルマージ方式などが挙げられ、その採算性と公共の関与の必要性の関係を示した図が図 9.1.1 である。



出典：JICA 調査団

図 9.1.1 事業形態別 PPP 手法のマッピング

特に BOT 方式とコンセッション方式は、高いサービス品質と費用対効果が期待されるために、水セクターで用いられることが多い。なお、BOT 方式では公益性を担保するため、ホスト国政府に料金水準決定権が残されることが多い。

9.2 資金調達スキーム

一般的に、収益性の低い事業は長期融資を、収益性の高い事業は短期融資を必要とする。事業費が料金を介してエンドユーザーに影響を与える場合においては特に、資金調達源は事業収益性との関係で決定されることが望ましい。

外国人投資家にとっては、現地の商業環境、法律や規制の不確実性により想定外の巨額の損失が発生する恐れがあるため、現地経験を有することは事業成功の重要な要因である。外国人投資家が十分な現地経験を持つ場合にのみ、現地企業からの援助なしに単独で投資でき得る。本提案事業においては、カントー市上下水道公社（WSSC）の現地における事業経験・ノウハウを事業に活かす為、WSSC も出資し、事業に参画することが望ましい。

表 9.2.1 は、想定される資金調達源オプションの比較である。本事業への適格性の観点から、項目別に各財源を評価し色分けしている。なお、海外投融資は直接融資と 2 ステップローンに分類している。

円借款を活用するためには、借款契約の前にフィージビリティ・スタディを完了する必要がある、また事業がベトナム政府によって優先度の高い事業として承認される必要があるなどの条件がある。また、円借款はベトナム政府の債務となる。

一方、PSIF によるプロジェクトファイナンスも有効な資金調達源とみなすことができる。特に円借款ほど申請に時間がかからないという点で有利である為、事業の開始スケジュールを考えると、PSIF が最も有効な資金調達源である。

表 9.2.1 資金調達源比較

	円借款	長期プロジェクト・ファイナンス		WSSC 自己借入 (国内銀行より)
		PSIF (SPC へ直接融資)	PSIF (2 ステップ)	
融資期間 (Tenor)	超長期 (最大 40 年間)	長期 (最大 25 年間)	長期 (最大 25 年間、 ただし、地場銀行に依存する)	短~中期 (事業期間よりも短期となる ことがある)
通貨	円建て	円建て	ドン建て	ドン建て
利率	超低利 (1%程度)	低利 (3~5%程度)	中~高利 (13~15%程度)	高利 (15%以上)
利用前提 条件	ベトナム政府により優先事業と認められること	事業に経済性が認められる限り取得可能	事業に経済性が認められ、地元銀行に受入れられれば取得可能	(融資先の特定により時間を要する可能性がある)
申請・審査 期間	長期 (4~5 年程度)	中期 (1~2 年程度)	中期 (1~2 年程度)	短~中期
その他	ローンはベトナム政府の債務となる	為替変動リスクは WSSC が負担することとなる	地場銀行に事業経験がなければ困難となる	地場銀行に事業経験がなければ困難となる

出典：JICA 調査団

- 注:
- * 円借款に係るデータは JICA ホームページによるもの
 - * PSIF 金利は、ベース金利+利ざやを見込んだ直接融資におけるレート。ベース金利は財務省ホームページ掲載の 2013 年 2 月以降適用の貸付金利（25 年間の財政融資資金貸付、据置期間 5 年における金利）を参照しており、利ざやを加えるとおよそ 3~5%程度になると想定される。2 ステップ融資の場合、上記に加えて現地銀行の利ざやとして、およそ 10%ほどが加算されると考えられる。
 - * 上記データは現状の金融市場からの推定であり、変化する可能性がある。上記条件による資金調達が確実であることを示唆するものではない。
 - * 色分けの凡例はそれぞれ次の通りである

最も好ましい	好ましい	どちらでもない	好ましくない
--------	------	---------	--------

9.3 その他前提条件

税務	所得税	<p>供用開始後 1~4 年目 0%</p> <p>5~9 年目 5%</p> <p>10 ~15 年目 10%</p> <p>16 年目以降 25%</p> <p>各年度の所得税算出後に発生した損失は、次の 5 年間に繰り越され、各年度の課税所得と相殺される。</p>
	関税	免除となる。(BOT 法 38 条)
	付加価値税(VAT)	水事業における付加価値税 (VAT) は五%に低減されているため (正規率は 10%)、受取付加価値税は支払付加価値税よりも低くなることもある。付加価値税は建設費にのみ反映した。
料金	水利権	水資源の利用に使用料が求められるとする法令があるが、カントー市より当該事業の為の土地税やインフラ整備等、必要な補助を提供するとの発言があり、当該使用料も免除される可能性が高いと判断し、当該費用は財務分析に加味しないこととした。
	土地利用料	BOT 法のもとでは免除され、財務分析上は計上されない。(BOT 法 38 条 3 項)
履行保証金(BOT 法 23 条)		<p>下記 a と b の合計以上となる。</p> <p>-総投資額のうち、1 兆 5,000 億 VND 分：1%</p> <p>-総投資額のうち、1 兆 5,000 億 VND 超過部分：当該超過分の 1%</p>
インフレ		VND ベースで年 8.5%
通貨下落		年 3.78%の円に対する VND の下落
減価償却		会計・税務の計算上、建設費や大規模修繕費は完工、修繕の終了時に固定資産として計上し、減価償却については、事業期間満了時に完全償却するように事業期間の残りの年数にわたって償却。

9.4 事業組織

当該事業で設立される SPC は、有限会社 (Limited Liability Company) 或いは株式会社 (Joint Stock Company) の形態を取ることが想定される。同国の企業法 (Law No. 60/2005/QH11) では、有限会社および株式会社について、それぞれ表 9.4.1 の経営組織を有することが求められている。

表 9.4.1 企業形態別の経営組織

企業形態	必要とされる経営組織機関	代表者の資格*
有限会社	1) 社員総会	
	2) 社員総会会長	○
	3) 社長	○
	4) 監視委員会 (11 人以上の社員を有する企業が対象)	
株式会社	1) 株主総会	
	2) 取締役会	
	3) 取締役会会長	○
	4) 社長	○
	5) 監視委員会 (11 人以上の株主を有する企業又は単独で 50%以上を有する株主が存在する企業が対象)	

出典：企業法（Law No. 60/2005/QH11）を元に JICA 調査団が作成

注： * 有限会社と株式会社いずれの場合においても、会社の法的代表者（representative-at-law）はベトナム国の永住者である必要があり、当該代表者が 30 日以上国を離れる場合には、不在時の代行者を書面で任命し設置することが求められている。

第10章 提案事業スキームに関する財務評価

10.1 提案事業スキームの財務計画

本調査では、提案する事業スキーム案について、財務分析を実施した。本分析では調査団が想定する投資家が求める諸条件を前提として分析を行った。

(1) 事業計画に係る前提条件

表 10.1.1 事業計画に係る前提条件

事業スキーム	BOT		
スケジュール	SPC の設立：2013 年 建設開始：2014 年 完工：2016 年 施設供用開始：2017 年 O&M 期間の終了：2041 年 (O&M 期間は 25 年)		
施設概要	取水施設及び浄水施設（設計容量 45,000m3 /日）並びに浄水施設から既存配水管への送水管路		
稼働率等	2017 年の施設供用開始から 100%稼働（平均約 39,000m ³ /日）		
税務	法人税：第 9 章で示した税率 付加価値税（VAT）：建設費に関して加味 固定資産税：加味していない		
資金調達条件	初期投資額の 70%：JICA の PSIF		
	初期投資額の 30%：出資		
	融資形態		PSIF
	通貨		日本円
	利子率		3%
	融資期間	引出期間	3 年
		据置期間	2 年
返済期間		20 年	
合計		25 年	
EIRR	円ベースで 25%		

出典 JICA 調査団

(2) 建設期間中の支出・収入

表 10.1.2 は前述の前提条件のうち、建設期間中の資金調達と資金使途に関して一覧にまとめたものである。

表 10.1.2 資金調達金額と建設期間中の資金使途

(十億 VND、億円)

建設期間中の資金使途	VND	JPY	資金調達	VND	JPY
建設費用	536	20.1	JICA からの融資	457	17.2
(土木工事費)	(232)	(8.7)	出資金	196	7.4
(機械・電気設備工事費)	(245)	(9.2)			
(プロジェクトマネジメント費、設計・施工監理費、その他費用)	(33)	(1.3)			
(予備費)	(26)	(0.9)			
建設費用に係る円貨調達為替増加分	16	0.6			
その他費用	52	2.0			
建中金利	5	0.2			
手元現預金	32	1.2			
完工保証金	12	0.5			
計	653	24.5	計	653	24.5

出典 JICA 調査団

*1JPY =266VND の 2012 年価格にて換算

(3) O&M 期間中の支出・収入

表 10.1.3 は、前述の前提条件を用い、O&M 期間中の SPC の収入と支出を一覧にしたものである

表 10.1.3 25 年間の O&M 期間中計の支出と収入

(十億 VND、億円)

支出	VND	JPY	収入	VND	JPY
O&M 費用	2,773	48.0	売水収入	9,001	164.5
SPC 運営費用	448	8.0	預金金利	126	0.1
税金	840	13.1	完工保証金の払い戻し	12	
利息	242	5.6	手元現預金の取り崩し	32	
JICA への融資返済	769	14.9			
出資金償還	196	2.3			
配当	3,903	72.6			
計	9,170	164.6	計	9,170	164.6

出典: JICA 調査団

* O&M 費用 : 234.4 億 VND/年、約 8,800 万円/年 (2012 年価格)

* SPC 運営費用 : 毎年の事務費用、監査費用等に 53.2 億 VND/年、約 2,000 万円/年 (2012 年価格)

*毎年の想定為替レートにて換算

(4) 収益に係る前提条件

SPC の収入としては、WSSC から受領する売水収入と手元現預金等を銀行に預けている間加算されることとなる預金利子収入を想定しており、WSSC から受領する売水に対する対価は、表 10.1.4 のとおりである。

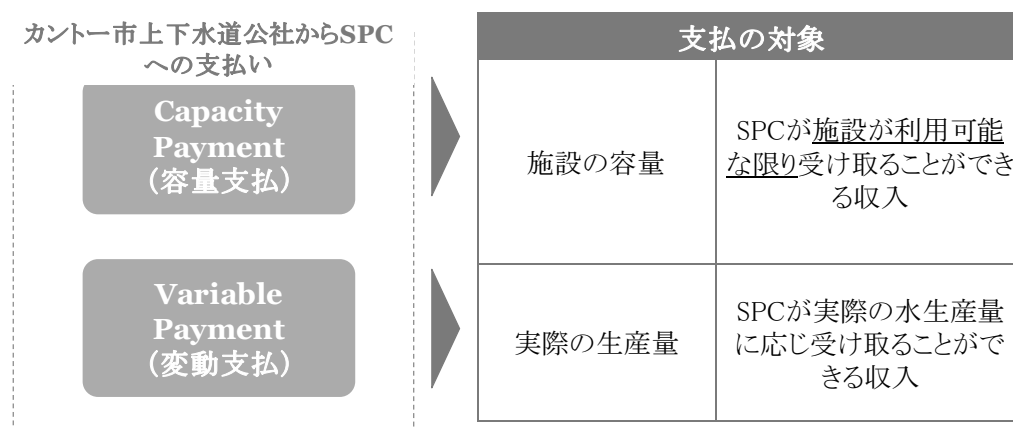
表 10.1.4 売水収入

(十億 VND、億円)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
VND	182	188	205	211	217	237	244	251	276	284
JPY	5.6	5.6	5.9	5.8	5.8	6.1	6.0	5.9	6.3	6.2
	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
VND	292	323	332	340	379	388	398	446	457	468
JPY	6.2	6.6	6.5	6.4	6.8	6.8	6.7	7.2	7.1	7.0
	2037	2038	2039	2040	2041					
VND	527	539	552	625	639					
JPY	7.6	7.4	7.3	8.0	7.9					

出典：JICA 調査団

なお、表 10.1.4 の毎年の SPC の売水収入は、図 10.1.1 に示される「Capacity Payment」（容量支払）部分と「Variable Payment」（変動支払）部分より構成される「テイクオアペイ」方式という支払いメカニズムに基づき算定した。



出典：JICA 調査団

図 10.1.1 「テイクオアペイ」方式の概要

10.2 提案事業スキームの財務分析結果

10.2.1 投資家が求める諸条件を前提とした財務分析結果

2012年の売水単価は約 8,638VND/m³、借入期間全体での平均デット・サービス・カバレッジ・レシオ（DSCR）は 4.32、最低 DSCR は 3.62 となった。

カントー市上下水道公社からのヒアリングによると、新たな売水単価のもとで受け入れ可能な卸売価格は 4,100VND/m³ であり、調査団が試算した結果はその 2 倍以上となる。

10.2.2 その他の分析

初期投資金額が減少させた場合、目標 EIRR を変更した場合の 2 ケースについて、以下、

感度分析を行った。

(1) 初期投資金額が減少された場合

10.1.1 で示した前提条件のうち、初期投資金額について 10%から 30%まで 10%刻みで減少させて変更を行い、売水単価を試算したところ、10%減少の場合の 2012 年売水単価は 8,057VND/m³、20%減少の場合の 2012 年売水単価は 7,596VND/m³、30%減少の場合の 2012 年売水単価は 7,165VND/m³となったが、それでもカントー市上下水道公社が求める 4,100VND/m³に対して 1.7 倍から 2 倍の水準となった。

(2) 目標 EIRR を下げた場合

EIRR については日本円で 15%となると仮定し売水単価を試算したところ、2012 年売水単価は 6,382VND/m³となったが、カントー市上下水道公社が求める 4,100VND/m³に対しては 1.7 倍の水準となった。

10.3 経済的費用便益分析

本経済的費用便益分析は ADB により発行された「水道事業プロジェクトの経済分析のためのハンドブック」(2009 年)(以下「ADB ハンドブック」)を参照し行った。経済的費用便益分析は、事業を実施した場合(“with Project”)と、事業を実施しない場合(“without Project”)の費用と便益を想定し、事業を実施した場合に対象地域経済にもたらされる便益を分析し、事業実施の経済的妥当性を評価するものである。評価指標として、以下の手順で Economic IRR を求めた。

(1) 経済的費用の計算

経済性分析を実施する為、市場価値である本事業の想定プロジェクト費用(CAPEX 及び OPEX)を、表 10.3.1 に示す通り経済価値に換算した。

表 10.3.1 提案プロジェクトの費用（経済的費用への換算後）

(十億 VND)

年	支出						収入		差引
	CAPEX 外貨分	CAPEX 内貨分	CAPEX 計	OPEX 外貨分	OPEX 内貨分	OPEX 計	合計	売水	
2014	27.00	41.32	68.32	0.00	0.00	0.00	68.32	0.00	-68.32
2015	53.99	185.95	239.95	0.00	0.00	0.00	239.95	0.00	-239.95
2016	53.99	185.95	239.95	0.00	0.00	0.00	239.95	0.00	-239.95
2017	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2018	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2019	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2020	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2021	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2022	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2023	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2024	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2025	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2026	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2027	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2028	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2029	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2030	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2031	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2032	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2033	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2034	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2035	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2036	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2037	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2038	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2039	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2040	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52
2041	0.00	0.00	0.00	2.01	21.61	23.62	23.62	70.14	46.52

出典：JICA 調査団

(2)経済的便益の計算

水供給プロジェクトからの総便益は、増分便益（Incremental Benefit）と非増分便益（Non-Incremental Benefit）とを特定することで推定することができる。

このうちまず非増分便益とは、既存の水供給源が新しい水供給システムに置き換えられることによりもたらされる便益である。例えば、給水地域で現状井戸水、河川水、あるいは購入した飲料水を利用している住民が、新しく当該プロジェクトの水道水に切り替えた場合、こうした置き換えられた消費分が非増分と見なされる。

一方で、新しい水供給システムの供給水量のうち、水使用量の上昇等による増加需要に対応する部分は増分便益である。本分析では、ベースライン調査（第 11 章および付録 E1 参照）の結果を参考に、非増分便益と増分便益はそれぞれ 13billion VND/年、106billion VND/年と試算された。

また、これらに加え、無収水（非技術的ロス分）の消費による便益も見込んでいる。無収水は給水管からの漏水のような技術的ロス並びに盗水及びメーター未整備などによる非技術的ロスの二種類から発生する。財務分析において、無収水（の便益）は除外されるが、経済的便益分析においては、無収水のうち非技術的ロスに起因する部分は、当

該部分が実際には地域住民によって消費されているものであることから、経済的便益の中に含まれる。こうした無収水による便益は、以下の通り試算された。

2017:	12 billion VND
2018:	11 billion VND
2019:	<u>10.5 billion VND</u>
After 2020:	<u>9.5 billion VND /year</u>

(3)Economic IRR の計算

毎年の経済的費用と上記で計算した経済的便益を組み合わせ、Economic IRR は 17%と試算された。ADB ハンドブックにおいては、プロジェクトが経済的に viable であると判断されるための最低の Economic IRR を 12%としている。従って、提案プロジェクトは想定する地域に対し便益をもたらすことが見込みうる、というのが、経済的費用便益分析結果である。

第11章 環境社会配慮

11.1 ベースライン調査

2012年6月から7月にかけて、i) カントー市における現在の水使用状況、ii) 水道、井戸、河川や運河の水など様々なソースの利用状況、iii) 既存の水道に対する満足度および「支払い意思額 (Willingness to Pay)」、iv) 衛生状況などの分析を目的としたベースライン調査を実施した。調査は、4つの都市部で、516世帯を対象として実施された。そのうち332世帯は、現在 WSSC のサービスを利用している。本案件が想定している給水地域はニンキューおよびビントイ地区であるため、サンプルの60%以上を両地区から収集した。

サンプル世帯の家族の人数、収入や水の消費量にはかなり大きな違いがある。平均的に見て、WSSC の水を利用している世帯は世帯収入が最も高く、水使用量も多い。しかし、このグループの水使用量が多いのは、(最も発達した都市部に住んでいるという) 地理的状况によるものであり、収入と水消費量の間にはほとんど相関関係がない。水関連の支出は世帯収入と比べて非常に低く、世帯収入のおよそ1%となっている。これは、国際的な指標(世界銀行は、収入の3-5%、アジア開発銀行は5%を適正值としている¹)よりもかなり低い。

ベースライン調査では、カントー市民の多くが、より良い水道サービスに今よりも多く支払って良いと考えていることが明らかになった。現在水道サービスを利用している332世帯は、現在平均16m³/月の水を利用しており、VND85,500/月を水道サービスに支払っている。これは家計収入(中位値)のおよそ1.1%に相当する。水道サービスの向上(水圧、水質の改善等)にたいする支払い意思額はVND105,000/月(収入の1.3%)であり、これが現在支払っている額よりもVND20,000/月近く多い。水の消費量が同じであると仮定して、支払い意思額と消費量から水道料金を算出すると、VND6,560/m³となるが(VND105,500を16m³で割った数値)、これは上述の国際的な指標よりも低い額である。また、現在水道サービスを利用していない世帯のほとんどが、WSSC サービスに接続したいと回答しており、これらの世帯がWSSC サービスにたいして支払って良いと考える額の平均は、水道料金換算でVND5,550/m³であった²。

調査世帯の80%以上が、WSSC のサービスに満足している一方、水圧が低い地区では、満足度が非常に低い結果となった。ベースライン調査の結果は、水道料金を値上げする余地があることを示しているが、料金値上げの際には、サービスの質を改善し、給水区域全体で十分な水圧を確保することが非常に重要である。

¹ Asian Development Bank. 2003. *Asian Water Suppliers - Reaching the Urban Poor*, Manila: Asian Development Bank

² 支払い意思額の平均は、VND50,000/月であり、これを毎月の水消費量(9m³)で割ることで支払い意思額から水道料金を算出した。現在WSSC サービスを利用している世帯と比べると低い支払い意思額となったが、これは収入差からくるものではなく、水消費量が少ないことが理由と考えられる。実際、ボトルの水を多く利用している世帯は、WSSC サービスを利用している世帯よりも高い水単価を払っている。

11.2 予備環境影響評価

ベトナムの環境法では、環境に悪影響をおよぼす可能性のあるプロジェクトのオーナーは、EIA を実施する義務を負う（環境保護法 18、19 条）。フィージビリティ調査の一環として、プロジェクト準備段階における予備環境影響評価(Preliminary EIA)が実施された。この予備的 EIA は、プロジェクト実施者が作成し、DONRE に提出する EIA の参考資料となる。

浄水場は、既存のカントーNo.2 浄水場横の空き地に建設される予定のため、事業実施による住民移転は発生しない。事業実施による主な環境影響には、建設工事の際のトラックや重機による騒音や粉塵、大気汚染、また工事期間中に発生する廃棄物がある。また、浄水場の操業フェーズにおいては、汚泥の適切な処理が重要である。本事業では、フンフー工業団地近くの既存の処理場を利用することを想定している。同処理場は、現在カントーNo.1 浄水場の汚泥が処理されている施設である。2010 年の首相令（No. 1873/QĐ-TTg of October 11, 2010）では、既存の廃棄物処理計画の見直しを実施することになっており、オモン地区で予定されている新施設の開発が進めば、既存施設の閉鎖や統合につながる可能性もある。BOT 事業で利用する予定の処理場が閉鎖される場合、新しい処理場の建設にかかわる追加的な環境影響評価を実施する必要がある。汚泥処理以外の操業フェーズの環境影響は小さく、適切な施設設計と運営によって管理できると考えられる。

予備的 EIA で実施した代替案の検討は、需要と供給能力のギャップが大きく発生する地域に近い現在の候補地が最も適切であるという結論となった。ベースライン調査および予備的 EIA の結果は、本調査で提案されている浄水場事業はカントー市に大きな便益をもたらすこと、また環境への悪影響は限定的であることを示している。

第12章 総合評価と結論

12.1 技術的評価

- 1) 塩水遡上に関しては、将来塩水がカントー市の市街地周辺の浄水場まで遡上する可能性は極めて少ないことが明らかとなった。また、水道原水であるハウ川の水質及び水量に関しても、ハウ川の水を利用することに全く問題はない。
- 2) カントー市の都市地域の市街地中心部の No.1 並びに No.2 浄水場は、近年浄水場の水生産容量が大きく不足してきている。そのため、約 20%前後の過剰水生産を行わざるを得なくなっており、これらの浄水場の拡張、あるいは新規浄水場の建設が急務となっているが、WSSC の財政的問題から既存の浄水場の拡張や新規浄水場の建設計画は遅々として進んでない。
- 3) 過剰水生産が強いられているもう一つの原因は、市の中心地区での無収水率の高さである。カントーNo.1 配水区では約 41%、No.2 配水区では 32%、オモン配水区では 41%等大きな値を示している。この原因は、既存の配水管渠からの漏水、受給者からの料金徴収漏れ、水道メーターの較正が行われていない等が考えられている。WSSC は、2020 年までに無収水率を 20%まで削減する計画であるが、本 BOT 事業が 2017 年に操業を開始した場合、既存の配水管網への接続において大きな問題が生ずる可能性が高い。
- 4) 「カントー市マスタープラン 2030 年」の人口予測や水需要予測は行政区や配水区毎に示されていない。本調査では、このマスタープランを基に都市部と地方部、さらに行政区分に分類し、本事業の計画年である 2020 年に対する人口予測と水需要予測を新たに行った。提案したこれらの予測値に関しては、既にカントーPC の承認を得ている。
- 5) カントー市全域では、2020 年に日最大で 87,000 m³/日の容量不足、また都市地区では約 79,000 m³/日の容量不足となっている。今後、拡張あるいは新規浄水場の建設が必要な配水区は、No.1 及び No.2 浄水場が抱える配水区においては、2020 年時点では日最大で 44,200 m³/日、即ち概ね 45,000 m³/日の追加施設容量が必要である。BOT 事業を前提としたこの 45,000 m³/日の容量計算に対しては、既にカントーPC の承認を得ている。
- 6) 提案する浄水場の施設は、他の既存浄水場と同じく急速ろ過方式を採用した。この浄水場への取水施設は近傍の運河に設け、ポンプ容量は 16.5 m³/分 (2 台、1 台予備) の回転数制御タイプを用いることとした。沈殿池には傾斜管を用い、急速ろ過地にはグリーンリーフ・フィルターと呼ばれる自然平衡型、自己逆洗浄タイプを採用した。各施設は経済的、かつ効率的な運転・維持管理ができる方式を採用しており、既存の浄水場の今後のリハビリや更新に参考になるであろう。
- 7) 計画浄水場から既存の No.1 及び No.2 浄水場がカバーする配水区への送水は D700mm、D600、D500、D400mm のダクタイル鋳鉄管 (総延長 4.3km) を通じて送水することとした。この地域に送水することにより水圧で少なくとも 10m (1 kgf/cm²) 以上を確保できるよう計画した。なお、送水管の建設は、財政事情から WSSC やカントーPC が負担

できないため、本 BOT 事業に組み入れる必要があった。

12.2 事業費、運営面、経済・財務における評価

- 1) 事業費については、2012 年 5 月末の為替レート：1 円＝266VND を用い、建設費は土木工事費が 231,813 百万 VND (871 百万円)、機械・電気工事費は日本の製造業者の見積もりに基づき 922 百万円、合計 477,000 百万 VND (1,793 百万円) となった。また、エンジニアリング・サービス費と予備費を加え、総事業費は合計 536,000 百万 VND (2,015 百万円) となった。
- 2) 本事業を BOT スキームで実施する上におけるリスクとそれらを軽減、移転、分担する方法、リスクが顕在化した時の対応策、保険の有無、更にそれらに関わる事業関係者等を分析し、8 章の表 8.1.1 に取りまとめた。また、事業スキームに関してはカントーPC、WSSC、SPC、スポンサー、JICA、EPC や O&M 会社等の関係を明確にすると共に各種契約書の一般的な検討を行った。
- 3) 財務分析では、建設費 536,000 百万 VND と建設中のインフレに関わる増加分、建中金利、手元資金、完工補償金など 117,000 百万 VND (468 百万円) を加え、合計 653,000 百万 VND (2,450 百万円) の必要調達資金を算出した。この調達資金と本事業の出資者への配当を考慮に入れ売水単価を算出すると、2012 年現在で 8,638 VND/m³ となった。一方、カントーPC の卸売単価は 4,100 VND/m³ と計算されており、調査団の価格と大きな乖離が生じた。売水単価に対する両者の開きを縮小するには、第一に事業費を削減すること、第二に出資者への配当を減ずることが必要である。
- 4) 経済的費用便益分析は、事業を実施した場合の “With project” と事業を実施しない場合の “Without project” の費用便益を想定した Economic IRR (EIRR) を求めることとした。一方、経済便益は、既存の水供給源が新しい水供給システムに置き換えられた場合の「非増分便益」と水使用量の上昇による増加需要に対応する「増分便益」の合計 119,000 百万 VND/年と、無収水に占める「非技術的ロス分による便益」を加算した結果、EIRR は 17% と計算され、事業実施に関する ADB の最低ガイドラインである 12% を上回っていることが検証された。

12.3 環境社会面での評価

調査団は 2012 年 6 月から 7 月にかけて、調査対象地域内においてベースライン調査を実施し、516 世帯を対象とした聞き取り調査を行った。この内、WSSC の水を利用しているのは 332 世帯であった。これらの世帯において、平均 85% 以上が概ね現在の給水システムに満足していることが明らかとなった。しかし、一部では水圧が低く、必ずしも満足していないことも明らかとなった。水道に対する支払意志額は、現在の平均水道料金より高い 6,560 VND/m³ であり、住民は質の良い水道システムの設立を望んでいることも明らかとなった。

12.4 結論

本調査は 2012 年 5 月に開始され、2013 年 2 月末現在まで、5 回に亘る現地調査並びに国内作業を実施した。しかし、2012 年 10 月のインテリム・レポート提出以降、現在までカントーPC との売水単価に関わる交渉で未だに合意がなされていない。調査団は、売水単価は最終的に約 8700 VND/m³を提示したが、カントーPC は現段階でもこの単価がかなり高いとの判断し、逆に 4100 VND/m³の売水単価を提示している。

カントーPC は、既にこれまでの交渉で多大な時間を要していることから、早期に結論を出したいとの意向を調査団側に伝えてきているが、売水単価を下げる手立てが無い現段階においては早期にこの案件実施を終息させることも必要である。そのため、近い将来、調査団から正式にこの事業促進の終息をカントーPC に申し出ると共に、カントーPC からその旨を公式に調査団及び JICA に通達するよう取りはからうことが必要である。