

ベトナム社会主義共和国
サイゴン水道総公社

ベトナム社会主義共和国 ホーチミン市給水改善調査報告書

平成 25 年 8 月
(2013 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

東洋エンジニアリング株式会社
大阪市水道局
パナソニック環境エンジニアリング株式会社
株式会社 日水コン
プライスウォーターハウスクーパース株式会社

環境
JR
13-179

要約

1. 調査研究の背景

ホーチミン市の上水道の現状は、現時点においてすでに、上水給水能力が不十分であり、今後、さらなる経済成長とともに、水需要の増加も見込まれていることから、給水量の増強が必要となるなど、さらなる課題に直面することが想定されている。

ホーチミン市の水道普及率は 85%であり、現在水需要量（推定 180 万 m³/day）に対して、給水能力は 155 万 m³/day と、25 万 m³/day の能力が不足している状況にある（2010 年 9 月現在）。

これに対しホーチミン市では、水源開発から、上水道施設の新設や改修にいたる様々なパートより構成される上水道マスタープランを作成し、2012 年に正式に首相承認を得ている。

その中では、新規水源開発として、上流の湖からの取水計画があるものの具体的な検討に至っておらず、また配水管網整備においては、膨大な事業費が必要とされている。さらに、給水サービスレベルという視点においても計画内容が不十分であることから、改善の余地が大きいと考えられる。

以上の経緯を踏まえて、新規水源開発や配水システム構築に対して、ホーチミン市より 3 つのテーマ（新規水源開発、最適配水システムの検討、それを補う人材育成）について、日本政府へ検討要請がなされ、本調査チームがこれを受託し、日本の水分野の技術、経験を活かし、最適な計画の検討を実施するに至った。

2. 調査結果

本調査では、以下 3 つのパートに分けて検討を実施した。

● 水源開発

ホーチミン市は、水供給能力を高めるため浄水場の拡張を計画している。しかしながら、既設浄水場の水源である Dong Nai 川及び Sai Gon 川の取水地点においては、塩水遡上や生活排水・工場排水などによる水質汚濁の影響を受けており、既設浄水場においても近い将来、浄水処理の問題が生じる恐れがあると判断し、水量・水質とも早急な対策が必要としている

これらの問題に対し、WSMP では、良質な原水を安定して確保するため、両河川の最上部に位置する Tri An、Dau Tieng 貯水池から、直接取水することを提言しているが、具体的な詳細検討まではなされていないのが現状である。

そこで、本調査業務では、Tri An、Dau Tieng 両貯水池から取水し、既設浄水場及び計画浄水場まで導水する方法について、以下のテーマに沿って検討を行った。

- 取水可能性の検討
- 取水地点の検討
- 取水方式の検討
- 導水ルート of 検討
- 整備計画

ア) 取水可能性の検討

取水可能性の検討においては、特に、両貯水池から取水可能な水量、取水に適する品質、水利権の設定、ならびに上流での宅地や工業団地、下流での灌漑など、影響を及ぼしえる開発計画の確認などを行った。

➤ 水利権と水量

Tri An 貯水池、Dau Tieng 貯水池両方の水源に関し、水利権と水量の観点から調査検討を行った。

Tri An 貯水池では、年間の平均放流量（約 475m³/s）のほとんどが発電に利用されている。このため、新規水源開発がこの発電施設の発電量に与える影響について試算した。実際の運転状況（稼働台数等）により、水車効率及び発電効率が変わるが、最高効率での発電を行うと仮定すると、結果として、この新規水源開発によって、年間最大で 6% 程度の発電量の減少をもたらすという試算結果となった。したがって、Tri An 貯水池からの直接取水については、水力発電に影響を与えることとなるため、電力関係機関との協議が必要となる。

一方で、Dau Tieng 貯水池については、農業用水等の利水者である周辺の地方政府（Binh Phuoc 省、Tay Ninh 省、Binh Duong 省、Long An 省）との協議が重要であるものの、水量面からは、今回の新規水源開発量（取水量 99 万 m³/day ≒ 11.5m³/s）が貯水池の水位変動（HWL～LWL）に与える影響は、約 0.4～0.9cm/day の水位低下であり、この水位低下による影響は軽微であることから、今回の新規水源開発量の付与は可能と結論付けた。

➤ 水質面

Tri An 貯水池の水質は、ベトナム国の原水水質基準 QCVN08:2008/BTNMT (A2 類型) を満足しており良好であった。また、将来的に貯水池水質に影響を与えるような、周辺の開発計画も現時点ではない。

一方で、Dau Tieng 貯水池については、周辺の農業、畜産排水流入の影響を受けて有機物による汚濁が見られ、QCVN08:2008/BTNMT (A2 類型) を満足していない水質

項目があった。したがって浄水処理方法に関して、将来期待される水道水質への対応を考慮する必要があるが、既存の取水品質において、現状の浄水プロセスにより、浄水処理後の水質品質が、飲料水として適用可能な基準を満たしていることから、水源水道水源としての利用は十分に可能である。

イ) 取水地点の検討

取水地点の検討にあたっては、最終的には現地踏査を行い、地形状況や周辺環境を把握するとともに、ボーリングや試掘等により、地質状況の把握が必要となる。本調査ではこの前段として、関係機関等からのヒアリング等を踏まえつつ、現地視察、並びに既存資料の入手・活用により検討を行った。

施工可能性、導水ルートとの関連性、取水水深、並びに水質面の観点から評価を行った結果、特段、特定地域に依存する取水地域選定の必要性に至らなかったこともあり、取水方式、導水ルートの検討テーマに沿って、地点選定を行うこととした。

ウ) 取水方式

本計画における 2025 年時点での取水量は、Thu Duc 系統で約 2,500,000 m³/day、また TanHiep 系統で約 1,000,000m³/day となる。

これを目標条件として、比較検討事項（需要を満たすこと、水量変動推移変動に耐えること、維持管理が可能なこと、並びに取水流速が確保できることなど）を踏まえ、「取水口方式」、「取水塔＋管渠方式」、「湖底取水管方式」の 3 つの方式による整備案の比較検討をおこなった。

まず「取水口方式」であるが、いずれの水源においても、その取水規模に伴う空地面積が確保でき、取水量に伴う構造上の制約は発生しない。一方で、第 2、第 3 案の「取水塔＋管渠方式」、「湖底取水管方式」は、各々流入後後段へ管で連絡することになるが、「湖底取水管方式」では取水量に伴う構造上の制約が発生する。

また、「湖底取水管方式」は取水先端が湖中にあり、特に雨期においては水面から取水先端までの水深は 15m 近くになることから、日常点検などの維持管理が容易にできないという欠点もあり、湖中工事も多くなり構造上も複雑となる。

以上から、「湖底取水管方式」は現段階で積極的に採用するメリットはないと考え、「取水口方式」と、「取水塔＋管渠方式」の 2 方式が有望であると結論付けた。

エ) 導水ルート

導水ルートについては、以下の要素を踏まえてルート案を複数作成し、検討を行った。

- 最短ルートを選定（建設費及び摩擦損失水頭の最小化）
- 可能な限り自然流下方式
- 公共ルートの活用
- 既存施設の活用（取水設備、導水管）

作成された複数の導水ルート案について、その評価方法として、定性評価（評価項目を交通状況、道路状況、住宅状況）、定量評価（評価項目を導水管総延長、河川横断箇所、道路横断箇所、軌道横断箇所、ポンプ場箇所数、概算工事費、維持管理費）を行い、特に定性面の評価を出来る限り定量面への評価に置き換え、定量評価へ一本化して、概算事業費（取水施設、ポンプ場施設、管・弁類、特殊工事など）、及びポンプ施設に関する電力料金による評価を行い、1案、ないしは2案の絞り込みを行った。さらに抽出された案に基づき、2025年を想定し、浄水場の増設計画を踏まえた、整備計画の立案までを行った。

● 配水システムの検討

配水システム検討においては、現存する WSMP で提案されている将来管網についてレビューを実施し、問題点の抽出、課題提起を行いながら、ホーチミン上水道の目指す将来像について改めて定義を行い、それを実現する配水管網案について、改めて検討を行うこととした。

具体的な検討のプロセスは、以下の通りとなる。

ア) 水圧条件の設定

現存する将来計画のベースとなる管網モデルでは、モデル化の対象となった主要な1,2級管路で構成されるネットワークの需要節点において、10m+G.L.の水圧を確保するよう計画されている。

他方、実際の配水ネットワークにおいては、主要な基幹管路から（現状1,2級管から3級管に至るまでに、5mあるいはそれ以上の損失水頭が見込まれ）、さらに2級管、3級管に分岐して水利用者の給水管に至る過程において、さらに損失水頭が発生する。

このため、主要な基幹管路において10m+G.L.とする現存の計画における水圧条件の設定は、給水管も含めた水道システム中で、コンタミネーションを防ぐために少なくとも有圧を確保するという観点から、十分とはいえない。またさらに、顧客メータにおいて10m+G.L.以上を確保するというベトナム建設省令の条件を満たすことも出来ない。

したがって、本調査では、他国の事例、並びにホーチミン市が目指すべきサービスレベルのイメージから、この目標水圧条件の設定を2級管の末端において、20m+G.L.として再設定を行った。

イ) 配水区域の設定

ホーチミン市は、その水道システム構築において大阪市同様、給水区域が平坦な地域において配水ポンプによる圧送により配水する形態をとる。その場合、増加する水需要に対応し、域内全域に適切に配水するためには、配水システムの拡張過程において、浄水場の新設や拡張にあわせ、幹線のバルブを制限する、あるいは管路自体を分離して整備するなど、配水区域を設定し、配水圧をコントロールしていくことが必須となる。

本調査検討においては、上記配水区域の設定について検討を行っていくとともに、配水圧のバランスを確保しながらコントロールするために、この配水区域に対し、配水ポンプ場あるいは配水場を適切に設置していく配水管網案について検討を行った。

ウ) 需要設定と時間変動設定

本調査の重要な前提条件となるのが将来需要予測である。その基本要素として、上水道マスタープランでは、生活用、工場用、公共用、業務営業用、非居住者用という5つの用途に分けて需要予測を行っており、それぞれに対し時間変動の概念が適用される。

日配水量は、季節による気温変化や天候、平日と休日、テトなど祝祭日といった市民活動に与える影響の大きいイベント等に左右される（水需要の季節変動）、また時間配水量は、一日24時間における市民生活や企業活動のスタイルに影響される（水需要の時間変動）。

WSMPの計画においては、水需要の季節変動を1.1（乾季の一日最大配水量の年平均一日配水量に対する倍率）と設定しているが、水需要の時間変動について考慮した技術検討がなされていないため、本調査検討においては、NhaBe地区での実績値に基づき、 $K=1.3$ （漏水量を含むと、 $K=1.24$ ）とした。

エ) 配水池設定

将来管網検討において、浄水場からの送水を受け、受け持つ配水区域の水需要の変動（季節変動や時間変動など）に応じた配水を行うためのバッファ機能を持つ配水池について、容量配水区域設定に応じて定まる計画一日最大配水量に対応して、必要な配水池容量を確保するよう、浄水場内の配水池あるいは市域配水場配水池を設定した。

具体的には、配水池の検討において、上記配水池の機能を十分果たすことができるよう、時間変動調整容量、非常時対応容量を勘案して設定を行った。

特に時間変動調整容量については、浄水量あるいは送水量と配水量の調整のためのバッファ機能としての容量であり、一方、配水量には時間変化があるので、使用水量

が減少する夜間は、時間配水量を上回る送水量を配水池に貯え、使用水量が増加する昼間においては、送水量を上回る配水量を配水池から流出させ、需給の均衡を図る機能が必要となる。

これが、配水池の基本的な機能として最低限確保しなければならない容量となり、配水池の有効容量として確保する時間変動調整容量は、計画一日最大給水量時の時間平均配水量を、超過する時間配水量を時間ごとに累計して必要量の算出を行った。

オ) 配水モデルの検討と評価

上記を踏まえて、各管網モデルの作成を行い、最終的に定性的・定量的要素を含め、以下の項目について検討を行い、最適な配水モデルを構築した。

- 実現可能性（水理条件の範囲内における水量、水圧コントロールの技術的な実現可能性）
- 水圧バランス（漏水改善への貢献）
- 末端までの流達時間（残留塩素濃度の確保など水質面でのサービスレベル）
- 省エネルギー
- 整備費用（配水区域設定に伴って必要となる配水場整備あるいは基幹管路整備）

カ) 配水施設整備のロードマップの検討

さらに作成・評価された管網モデル案について、その具体的な実施優先度について、ロードマップの検討をおこなった。

結果として、2025年へ向けた最適な管網管網案を提案し、さらに需要動向を踏まえた5か年ごとのロードマップの作成、さらに重点的な改善取組み案の提言までを行った。

キ) 事業化検討

さらに本調査では、将来管網改善のロードマップに定義された1つの配水領域に関し、実際に実施段階を想定して、広義のPPP方式を活用した事業性の検討を行った。

具体的には、配水場設置地域をTan Son Nhat付近で設定し、主として市内中心部に水を供給する配水対象地域を対象とした検討を行った。

本調査においてはファイナンス手段にまずは力点を置き、現状のSAWACOの財政状態に鑑みると、従来からの設備投資計画に加え、配水場の建設をSAWACO自ら実施することは資金的に容易ではないと想定し、さらにODAについても、今後ODAによる資金提供機会は減少していくことを念頭に、本調査においては、民間資金の活用を検討した。

上記を前提に、PPP スキームの種類、法的側面からの考察、資金調達スキーム、リスク分担の観点から事業化へのアプローチを考察し、最終的には事業実施の前提条件、事業運営主体となる SPC のキャッシュフローなどを踏まえて実現性について検討・評価を行った。

また管網改善の実施段階においては、合わせて取組みが必要となる漏水改善について、実際に日本の技術を活用した漏水改善業務がどの程度効果的であるのか、実際の現地における漏水検知調査、修繕を通じた調査結果を踏まえて、数値化して評価、結論を行った。

- 人材育成

最後に人材育成においては、SAWACO が今後の事業展開を見据えて必要となる要素技術について、実際に 4 名の技術者を日本へ招聘して研修の実施を行った。

略語集

本調査報告書で使用される主な略語について、以下記述する。

ADB	Asia Development Bank
BOO	Build Own Operate
BOT	Build Own Transfer
BT	Build Transfer
BTO	Build Transfer Operate
C/P	Counter Part
CAD	Computer Aided Drawing (Design)
Capex	Capital expenditure
COD	Chemical Oxygen Demand
CPC	Commune PC (People's Committee)
CSR	Compensation, Support and Resettlement
DDT	Dichlorodiphenyl-trichloroethane
DMA	District Meter Area
DO	Dissolved Oxygen
DONRE	Department of Natural Resources and Environment
DPC	District PC (People's Committee)
DSCR	Debt Service Coverage Ratio
EIA	Environment Impact Assessment
EIRR	Equity Internal Rate of Return
EPC	Engineering, Procurement and Construction
EVN	Vietnam Electricity
GDP	Gross Domestic Product
GL	Ground Level
HCMC	Ho Chi Minh City
HHWL	High High Water Level
HWL	High Water Level
IEE	Initial Environmental Examination
IMF	International Monetary Fund
JBIC	Japan Bank for International Cooperation
JICA	Japan International Cooperation Agency
JSC	Joint Stock Company
LEP	Law on Environmental Protection
LFDC	Land Fund Development Center
LWL	Low Water Level

M/P	Master Plan
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development
MOIT	Ministry of Industry and Trade
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment
NWR	Non Revenue Water
O&M	Operation & Maintenance
ODA	Official Development Assistance
OMWB	Osaka Metropolitan Waterworks Bureau
PC	People's Committee
PE	Poly-Ethylene
PIRR	Project Internal Rate of Return
PMU	Project Management Unit
PPC	Provincial PC
PPP	public-private partnership
PS	Pump Station
SAWACO	Saigon Water Corporation
SPC	Special Purpose Company
STA	Station
TOR	Terms of Reference
uPVC	Unplasticized polyvinyl chloride
USD	U.S. Dollar
VFM	Value for Money
VISTA	Vietnam, Indonesia, South-Africa, Turkey and Argentine
VIWASE	Viet Nam Water, Sanitation and Environment Joint Stock Company
VND	Vietnamese Dong
WB	World Bank
WDP	Water Distribution Pond
WHO	World Health Organization
WSC	Water Supply Company
WSMP	Master plan for HCMC water supply system up to 2025 (Ho Chi Minh City, 2012)
WTP	Water Treatment Plant

目次

第0章 序章	0-1
0-1. 調査の背景・目的.....	0-1
0-1-1 ベトナム国とホーチミン市の概要.....	0-1
0-1-2 ベトナム経済等の概況.....	0-2
0-1-3 ホーチミン市における水事業の概況等.....	0-3
0-1-4 本調査の位置づけ.....	0-4
第1章 新規水源開発	1-1
1-1. 目的.....	1-1
1-2. 計画の基本条件.....	1-1
1-2-1 現状施設の概要.....	1-1
1-2-2 計画水量.....	1-4
1-3. 水量・水質分析.....	1-7
1-3-1 Dong Nai – Sai Gon 流域の概要.....	1-7
1-3-2 ベトナムにおける水資源管理.....	1-10
1-3-3 Tri An 貯水池及び Dau Tieng 貯水池における水文・水質の現況.....	1-12
1-3-4 水量分析.....	1-23
1-3-5 水質分析.....	1-24
1-3-6 評価のまとめ.....	1-33
1-4. 取水地点の検討.....	1-34
1-4-1 取水地点の選定条件.....	1-34
1-4-2 取水地点の選定.....	1-35
1-5. 取水方式の検討.....	1-38
1-5-1 取水方式の比較検討.....	1-38
1-5-2 取水方式案の選定.....	1-40
1-6. 導水ルートを選定.....	1-42
1-6-1 ルート検討上考慮すべき水位諸元.....	1-43
1-6-2 ルート案の作成.....	1-43
1-6-3 ルート案の比較検討.....	1-58
1-6-4 ルート案の選定.....	1-71
1-6-5 管種の選定.....	1-73
1-7. 取水・導水施設計画.....	1-74
1-7-1 2015 年対応計画の諸元.....	1-74
1-7-2 2025 年対応計画の諸元.....	1-76
1-7-3 実施スケジュール.....	1-79
1-8. 施設容量計算.....	1-79

1-9.	今後の課題.....	1-82
------	------------	------

第2章 配水システムに関する調査.....2-1

2-1.	現状課題とアプローチ.....	2-1
2-1-1	既存ネットワークの課題.....	2-1
2-1-2	検討のアプローチ方法.....	2-1
2-2.	配水モデル検討の前提条件.....	2-3
2-2-1	既存の配水モデルとその課題.....	2-4
2-2-2	SAWACOの給水区域の概要.....	2-8
2-2-3	モデル検討における前提条件の設定.....	2-11
2-3.	配水モデルの検討.....	2-21
2-3-1	管路設定.....	2-21
2-3-2	水需要の時間変動設定.....	2-21
2-3-3	配水池設定.....	2-24
2-3-4	配水区域の設定.....	2-26
2-4.	配水効率の計算と実現可能性の評価.....	2-36
2-4-1	管網解析の基本的な考え方.....	2-36
2-4-2	配水モデルにおける検討項目.....	2-39
2-4-3	配水区域案の提示(ステップ1).....	2-42
2-4-4	管網解析による実現可能性の検討(ステップ1).....	2-45
2-4-5	配水区域案の検討(ステップ2).....	2-53
2-4-6	管網解析による実現可能性の検討(ステップ2).....	2-58
2-5.	配水施設整備のロードマップの検討.....	2-70
2-5-1	整備計画の前提条件.....	2-70
2-5-2	配水施設整備計画の策定.....	2-79
2-5-3	今後の配水施設整備に向けた提案.....	2-86
2-6.	漏水改善調査.....	2-89
2-6-1	配水施設整備計画における漏水改善の位置づけ.....	2-89
2-6-2	漏水改善調査の実施方針.....	2-90
2-6-3	業務実施の方法.....	2-91
2-6-4	現地調査結果.....	2-98
2-6-5	漏水調査の作業性、改善実績の検討.....	2-99
2-6-6	技術の差異 point.....	2-102
2-6-7	収益性.....	2-102
2-6-8	今後の展開の考察(配水システムとの関係).....	2-104

第3章 環境社会配慮.....3-1

3-1.	環境社会配慮.....	3-1
3-1-1	環境社会配慮に係る基本理念.....	3-1
3-2.	「ベ」国内関連法規.....	3-1

3-2-1	関連法規.....	3-1
3-3.	予定事業内容.....	3-5
3-3-1	事業内容.....	3-5
3-3-2	各施設の代替案.....	3-5
3-4.	初期環境調査 (IEE) レベル調査および環境チェックリスト.....	3-14
3-4-1	IEE レベル調査における影響度予測と評価.....	3-14
3-4-2	IEE 結果および環境チェックリスト.....	3-24
3-4-3	カテゴリー”B”項目に関する可能性のある緩和策・最適化対策計画.....	3-27
3-4-4	要求されるモニタリング.....	3-29

第4章 事業性の検討.....4-1

4-1.	背景.....	4-1
4-1-1	インフラ開発および PPP(Public Private Partnership)事業について.....	4-1
4-1-2	配水場管理の必要性.....	4-1
4-2.	PPP 事業スキームの検討.....	4-2
4-2-1	配水場事業の配水対象地域.....	4-2
4-2-2	SAWACO の財政状況を踏まえた事業実施手法の検討.....	4-3
4-2-3	PPP 事業における役割分担.....	4-4
4-2-4	PPP スキーム.....	4-5
4-2-5	資金調達スキーム.....	4-8
4-2-6	各関連当事者の相関関係および契約スキーム.....	4-10
4-3.	リスク分析.....	4-12
4-4.	財務的実現可能性の検討.....	4-15
4-4-1	PPP 事業化検討アプローチ.....	4-15
4-4-2	前提条件の整理.....	4-16
4-4-3	キャッシュフロー分析.....	4-18
	4-27	

第5章 技術移転.....5-1

5-1.	目的.....	5-1
5-2.	研修内容.....	5-1
5-2-1	コース概要.....	5-1
5-2-2	研修内容.....	5-1
5-3.	研修成果.....	5-2

第6章 結論.....6-1

6-1.	新規水源開発.....	6-1
6-2.	配水システムの検討.....	6-2
6-3.	人材育成 Technical Transfer.....	6-5

第 7 章 提言	7-1
7-1. 新規水源開発	7-1
7-2. 配水システム	7-2
7-2-1 今後の配水施設整備に向けた提案	7-2
7-2-2 漏水改善の今後の展開	1

添付資料

追加調査報告書 1

Water Quality Analysis Results of Tri An Lake and Dau Tieng Lake

追加調査報告書 2

Memorandum on the Selected Legal Issues Concerning Water Supply Project in Vietnam

第0章 序章

0-1. 調査の背景・目的

0-1-1 ベトナム国とホーチミン市の概要

発展途上国の都市においては、人口増加・経済成長等に伴って、水需要が増大する一方で、水道システムの拡張ととその維持管理、運営管理において様々な課題を抱えている。都市の成長に合わせて水道システムを拡張整備し、施設を適切に維持管理、運転管理しながら、持続可能な水道事業として運営することにおいて、日本の自治体が有する技術、並びに運営ノウハウを活かすことによる、大きなビジネスチャンスが存在すると考える。

中でもベトナム国は、経済成長著しいVISTA諸国の一つであり、今後の発展に伴うインフラ整備が課題となっている。

本調査対象であるホーチミン市は、首都ハノイと並び、ベトナムの重要な都市として発展が見込まれており、必要となるインフラ整備が喫緊の課題になっている。

表 0-1-1. ホーチミン市の概要

	ホーチミン市	(参考：大阪市)
人 口	7,162,864 人	2,667,817 人
面 積	2,095 km ²	222 km ²
人口密度	3,419 人/km ²	12,001 人/km ²

(注) ホーチミン市は2009年統計、大阪市は2010年8月1日現在。



図 0-1-1. ホーチミン市

0-1-2 ベトナム経済等の概況

● 経済状況

ベトナムにおける2002年から2011年までの実質GDP成長率は、年平均で7%程度、直近の2011年だけみても5.9%と、長期に渡って高度成長を続けている。その経済成長と比例してインフラ整備のための輸入が増加しており、毎年貿易赤字が発生している。この貿易赤字が一因となり為替はドン安傾向に振れ、輸入価格高騰を招き、物価上昇へと結びついているという状況にある。加えて、このような物価上昇体質から国民は自国通貨を信用せずドルや実物資産を購入する傾向にあり、さらなる物価上昇に繋がっている。政府は物価上昇を抑えるために2008年には政策金利、貸出金利共に引き上げており、これにより物価上昇率が一時低下したものの、2011年には再度18.6%という高水準となっている。

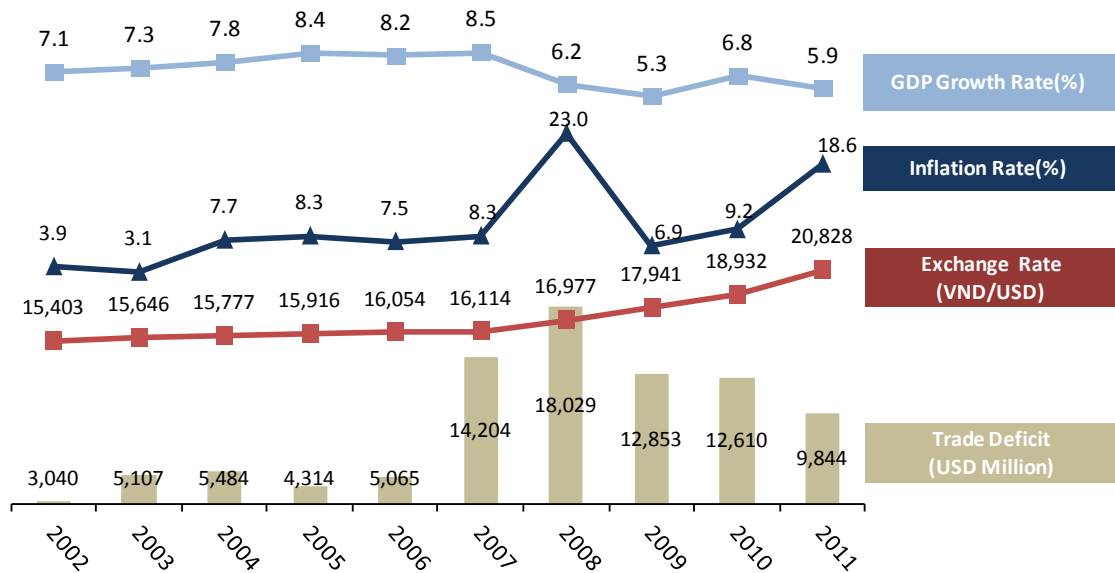


図 0-1-2 ベトナムの諸経済指標

<提供元：Japan External Trade Organization, IMF>

● 財政状況

前述のような著しい物価上昇状況を解消するため、政府は2011年2月24日に政府決議第11号を公布し、経済成長路線からインフレ抑制とマクロ経済安定化路線へと政策転換した。具体的には金融と財政政策の2本柱を掲げ、金融政策は与信増加率を20%以下に抑制すること、財政政策は歳入の7~8%の増加、歳出の10%程度の削減を目指すとした。上記金融政策の結果、ベトナムにおける貸出金利は2011年に大きく上昇し17%と高水準となっていたが、その後金融緩和が行われ2012年11月時点では12.4%に低下している。直近では、政府は2013年の実質GDP成長率を5.5%、インフレ率を8%以下と目標として設定している。2013年も2012年と同様に、政府決議11号による金

融引き締め、為替安定、インフレ抑制といったマクロ経済安定化に向けた政策実施を継続するものとみられている。

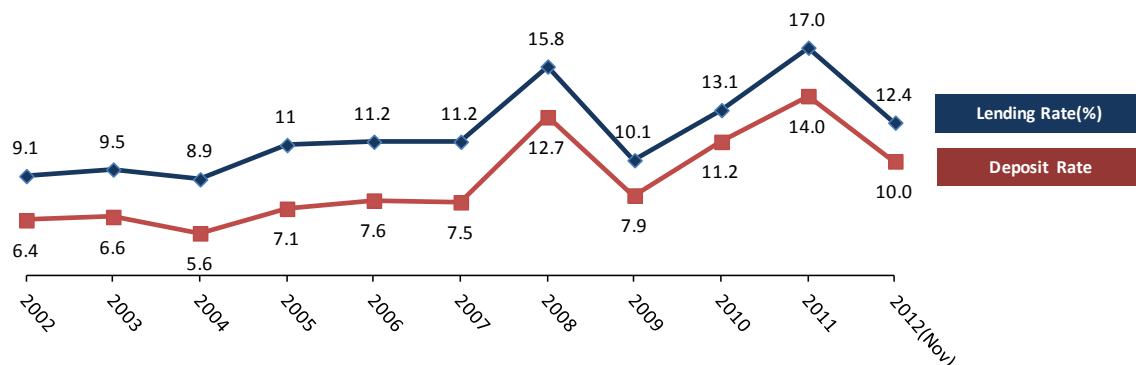


図 0-1-3 ベトナムの金利

<提供元: Japan External Trade Organization, IMF>

0-1-3 ホーチミン市における水事業の概況等

ホーチミン市では、現在給配水事業はホーチミン市水道総公社（Saigon Water Corporation、以下「SAWACO」という）によって営まれている。ホーチミン市は、最初の水道会社が 1874 年にフランスにより設立され、その後ホーチミン水道公社として 1975 年に設立、2005 年にサイゴン水道総公社（SAWACO）に改組され現在に至っている。なお、大阪市水道局と SAWACO とは、2009 年 12 月に「技術交流に関する覚書」を締結している。

ホーチミン市の上水道の現状であるが、現時点において上水給水能力は不十分であり、今後見込まれる急激な水需要の増大により、さらなる課題に直面するものと思われる。その根拠となる基礎数値は、以下に示すとおりである。

ホーチミン市は、現在水需要量（推定 180 万 m³/day）に対して、給水能力は 155 万 m³/day であり、現時点において給水能力は不十分（水道普及率は 85%）な状況である（2010 年 9 月現在）。

給水能力から計算される、給水人口一人あたりの一日給水能力は約 290L となるが、無収水率は約 40%と推定され、そのうち約 88%を占めると想定される漏水率（約 35%）を考慮すると、実質的な一人一日給水量は 188L となる。

ホーチミン市の人口増加率は高く、今後の人口増加（現在、年 2%程度）や経済発展等に伴い、現在の 690 万人（2007 年時点）から 2025 年には 1300 万人（約 1.65 倍）に増加することが予想されている。

現在の水源であるドンナイ川やサイゴン川の下流部では三角州に発展した都市の宿命として、潮汐による海水面の上昇等により塩水遡上が見られている。また流域周辺での都市化に伴い、生活・工場排水の増大をもたらすが、これらの排水のほとんどは未処理または不十分な処理の状態のまま公共用水域に排出されているため、水質汚濁が問題となっている。良質かつ大量の水道水源確保のためには、サイゴン川のより上流部に位置する Dau Tieng 貯水池とドンナイ川上流に位置する Tri An 貯水池からの直接取水する新規水源開発が必要となっている。

表 0-1-2. ホーチミン市水道の概要

	現状(2010年9月)	マスタープラン(2025年)
事業運営	公社	—
水源	河川・地下水	—
人口	約 700 万人	1,300 万人
給水能力	155 万 m ³ /日	340 万 m ³ /日
水道普及率	約 85%	100%
無収水率	約 40%	25%
原単位	約 150L/人・日	約 200L/人・日

0-1-4 本調査の位置づけ

ホーチミン市では、このような状況に対処するため、水源開発から、上水道施設の新設や改修にいたる様々なパートより構成される上水道マスタープラン（以下、WSMP という）を作成し、2012 年に正式に首相承認を得ている。

しかしながら WSMP では、新規水源開発においては上流の湖からの取水を計画しているのみで具体的な検討がなされていないばかりか、きめ細やかな配水調整が困難な上に事業費も大きいと考えられる配水管網が提案されており、最適な配水システムの構築に向けた改善余地は多い。

これら新規水源開発や配水システム構築に対して、SAWACO は高い関心を示しているものの、これまで十分な取組みがなされておらず、3つのテーマ（新規水源開発、最適配水システムの検討、ならびに人材育成）について、日本政府への検討要請がなされ、日本の水分野の技術、経験を活かした最適な計画に対する本調査の実施に至った。

第1章 新規水源開発

1-1. 目的

ホーチミン市は、近年急激な人口増、経済発展、都市開発等による水需要量の増加が著しく、近い将来慢性的な水供給不足に陥ることが危惧されている。この状況に鑑み、水供給能力を高めるため浄水場の拡張を計画している状況である。

また、既設浄水場の水源である、Dong Nai 川及び Sai Gon 川の取水地点において、塩水遡上や生活排水・工場排水などによる水質汚濁の影響を受け、既設浄水場においても近い将来、浄水処理の問題が生じる恐れがあると判断し、水量・水質とも早急な対策が必要としている。

これらの状況を受け、WSMP では、良質な原水を安定して確保するため、両河川の最上部に位置する両貯水池から直接取水することを提言している。

本調査業務では、Tri An、Dau Tieng 両貯水池から取水し、既設浄水場及び計画浄水場まで導水する方法についての検討を行う。

本調査業務の内容は、次のとおりである。

● 水量・水質分析

- 両貯水池から取水可能な水量及び現在の水質を把握する。
- 水利権の設定が可能かどうか併せて確認する。
- 両貯水池上流での宅地や工業団地、下流での灌漑など、両貯水池に影響を及ぼしうる開発計画を確認する。

● 取水地点・導水ルート of 代替案検討

- 取水地点の検討
- 取水施設の方式や諸元の検討
- 導水施設の諸元（導水管の材質、径、総延長、ポンプなど）の検討

1-2. 計画の基本条件

1-2-1 現状施設の概要

● Dong Nai river 川系統

ア) 水源：Dong Nai 川

イ) 取水施設：Hoa An pumping station

- 取水管 D2,000mm×73m 2本 内1本は将来用
- ポンプ井水位 最高水位：+2.4m
平均水位：-1.3m

➤ 取水ポンプ(For Thu Duc & Binh An)

2002年に全台更新 ただし、ヘッダー管は既設(1,800mm)を流用

$q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ (120 m^3/min)、 $H=55\text{m}$

$N=6$ 台(内1台予備) Total $Q=864,000\text{ m}^3/\text{day}$

➤ 取水ポンプ(For Thu Duc II BOO)

$q=1.22\text{m}^3/\text{s}$ (73.2 m^3/min)、 $H=55\text{m}$

$N=4$ 台(内1台予備) Total $Q=316,000\text{ m}^3/\text{day}$



Dong Nai River Hoa An Intake



Hoa An Intake Pump $N=6$ (1)

ウ) 導水施設

➤ 導水区間：Hoa An pumping station→Thu Duc WTP 間 約 10.8km

約 30m幅の専用管理道路に布設

本道路は住民への居住等は規制しているが、生活道路に利用

➤ 導水管：鉄筋コンクリート巻き立て鋼管 $D2,400\text{mm}$ (2002)

➤ 鉄筋コンクリート巻き立て鋼管 $D1,800\text{mm}$ (1966) 現在休止中



Existing piping road ($D2,400\text{mm}$)



Existing piping road ($D2,400\text{mm}$)

エ) 浄水場 Thu Duc WTP

1966年 運用開始

2010年 1,150,000 m³/day

(Thu Duc:750,000、Binh An :100,000、Thu Duc II BOO :300,000)

着水井水位 +30.5m

将来計画

2015年 1,450,000 m³/day (Ⅲ : 300,000)

2025年 2,250,000 m³/day (Ⅳ : 300,000、Ⅴ : 500,000)

● Sai Gon river 川系統

ア) 水源 : Sai Gon 川

イ) 取水施設 : Hoa Phu pumping station

➤ 取水管 D1,500mm×4本 内2本は予備 (交互に使用)

➤ ポンプ井水位 洪水水位 : +1.8m

最高水位 : +0.8m

平均水位 : -1.9m

➤ 取水ポンプ

q=6,800m³/h (113 m³/min)、H=60m

N=3台 (内1台予備) Total Q=326,400 m³/day

将来用 (2台分) のポンプ基礎は設置済みで、600,000m³/day まで対応している。



Sai Gon River Hoa Phu Intake



Hoa Phu Intake Pump N=3 (1)

ウ) 導水施設

➤ 導水区間 : Hoa Phu pumping station→Tan Hiep WTP 間 約9.1km

約12m幅の専用管理道路に布設

- 導水管：鉄筋コンクリート管 D1,500mm×2 本
ただし、途中の水管橋部分で1本しか設置されておらず、全区間において2本の布設は確認できず、運用は1本と考えられる。

エ) 浄水場 Tan Hiep WTP

2010年 300,000 m3/day 着水井水位 +16.6m

将来計画

2015年 600,000 m3/day (+300,000)

2025年 900,000 m3/day (+300,000)

1-2-2 計画水量

● 基本水量

Unit : m3/day

	Dau Tieng – Sai Gon – Hoa Phu – Tan Hiep			Tri An – Dong Nai – Hoa An – Thu Duc		
	2010	2015	2025	2010	2015	2025
計画取水/導水量	330,000	660,000	990,000	1,265,000	1,595,000	2,475,000
計画浄水量	312,000	624,000	936,000	1,196,000	1,508,000	2,340,000
計画配水量	300,000	600,000	900,000	1,150,000	1,450,000	2,250,000

※ 2010年、2015年は各々 Sai Gon River、Dong Nai River からの取水である。
取水、導水損失水量 6%、浄水処理損失水量 4%とする。

● 計画浄水処理能力（配水量）

Unit:m3/day

	2011	2015	2020	2025	
Dong Nai River / Tri An					HCMC
Thu Duc WTP	750,000	750,000	750,000	750,000	HCMC
Binh An WTP	100,000	100,000	100,000	100,000	HCMC
Thu Duc II (BOO) WTP	300,000	300,000	300,000	300,000	HCMC
Thu Duc III WTP(2012)		300,000	300,000	300,000	HCMC
Thu Duc IV WTP(2018)			300,000	300,000	HCMC
Thu Duc V WTP(2024)				500,000	HCMC
Sub Total	1,150,000	1,450,000	1,750,000	2,250,000	
Sai Gon River / Dau Tieng					
Tan Hiep WTP	300,000	300,000	300,000	300,000	HCMC

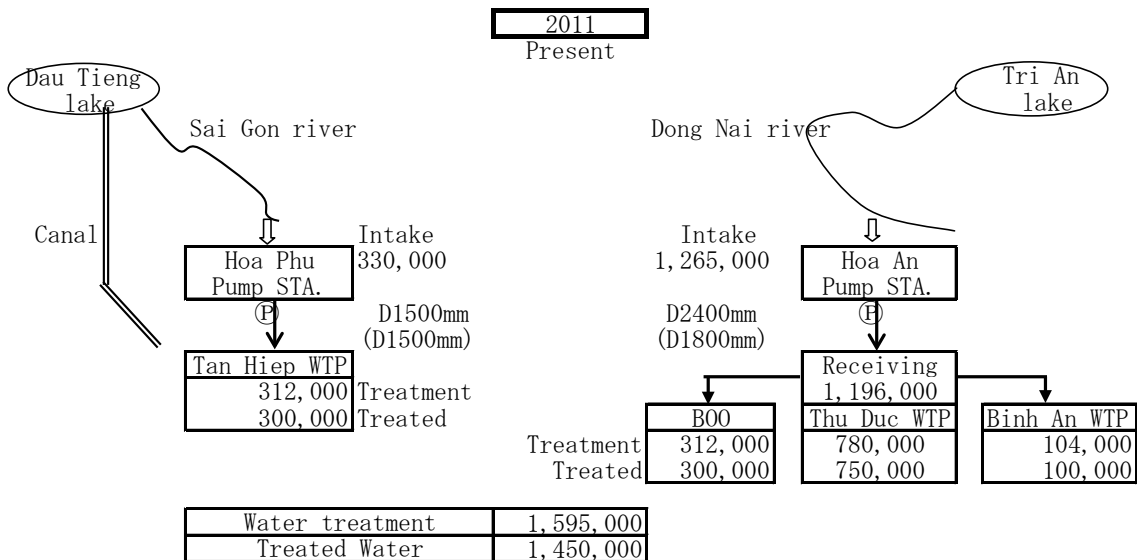
Tan Hiep II WTP(2015)		300,000	300,000	300,000	HCMC
Tan Hiep III WTP(2020)				300,000	HCMC
Sub Total	300,000	600,000	600,000	900,000	
Kenh Dong I WTP(2012)		150,000	150,000	150,000	HCMC
		50,000	50,000	50,000	Cu Chi
Kenh Dong II WTP(2015)		150,000	150,000	250,000	Cu Chi
Sub Total		350,000	350,000	450,000	HCMC
WTP Total	1,450,000	2,400,000	2,700,000	3,600,000	
Groundwater					
Sub Total	695,000	440,000	440,000	100,000	HCMC
Total	2,145,000	2,840,000	3,140,000	3,700,000	

● 水系別水量フロー

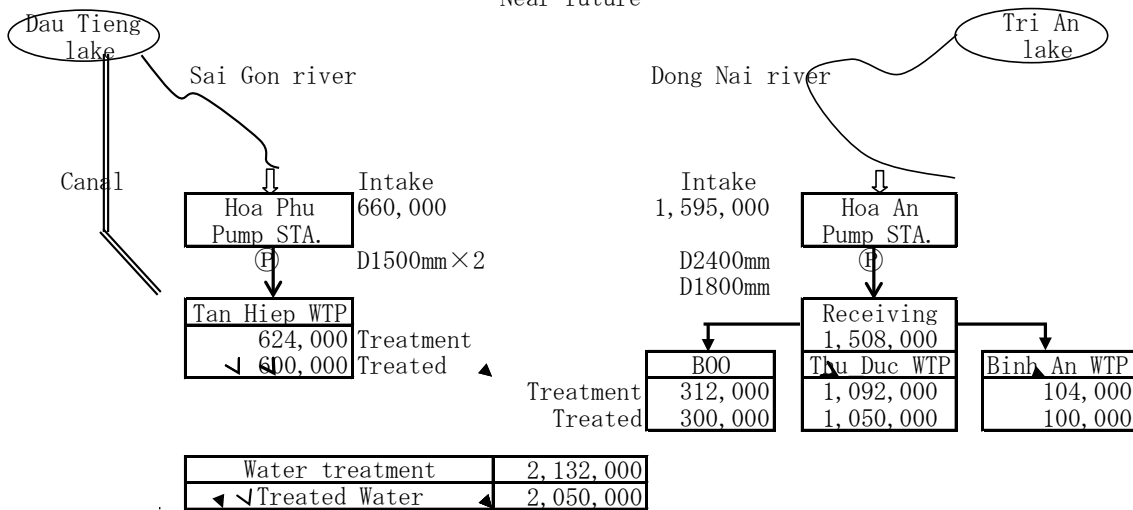
Sai Gon System Basic Flow

Dong Nai System Basic Flow

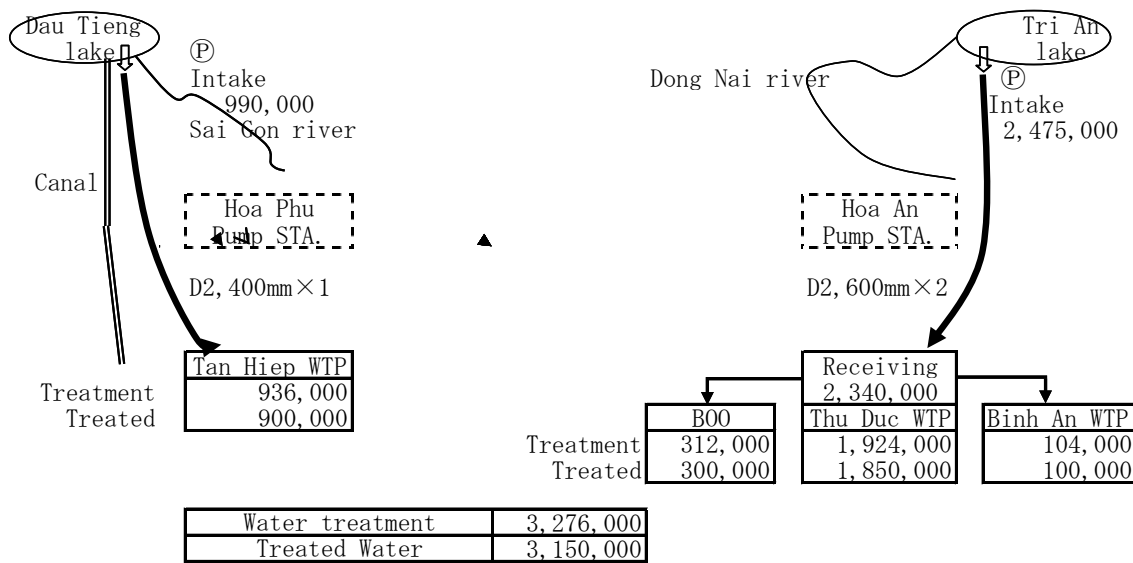
Unit:m3/day



2015
Near future



2025
Future Plan



1-3. 水量・水質分析

1-3-1 Dong Nai – Sai Gon 流域の概要

本調査の対象地域である Dong Nai – Sai Gon 流域は、北東から南西に傾斜した比較的平坦な地形であり、その流域面積は全体で約 3 万 6500km² である。

周辺流域を含めた約 4 万 9600 km² のエリアにおいては、土地利用に関しては、中心都市であるホーチミン市周辺の居住区や工業地区を除き、森林地帯や農業地帯が多くを占めている。また、土壌分布の観点からは、赤黄色土 (Red-Yellow soils) が最も多く (51%) 分布しており、次に灰色土 (Gray soils : 23%) が多くみられる。気候は熱帯モンスーン気候に属し、5～10 月の雨期と 11～4 月の乾期に分けられる。Dong Nai – Sai Gon 流域に周辺流域を加えた流域全体として、年間平均降水量は 2,055mm であり、雨期に約 85% (1,737mm)、乾期に約 15% (318mm) の降雨があり、年間降水量は 900 億 m³ にもなる。

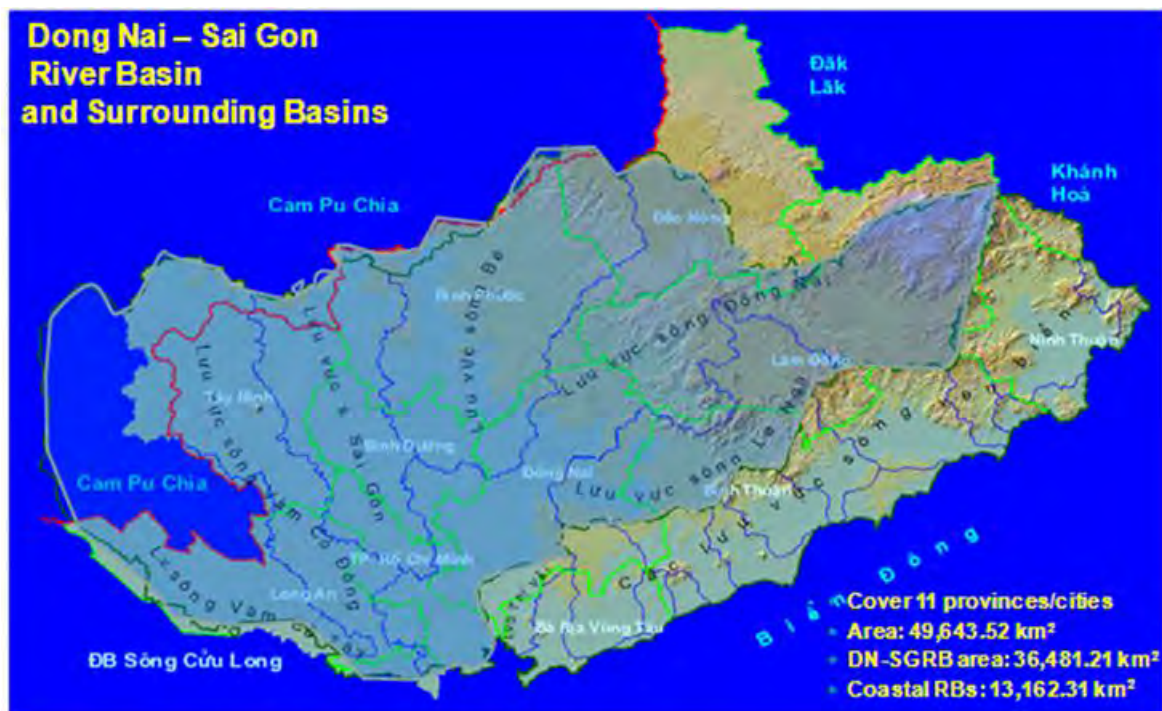


図 1-3-1 Dong Nai - Sai Gon 流域と周辺流域
<提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

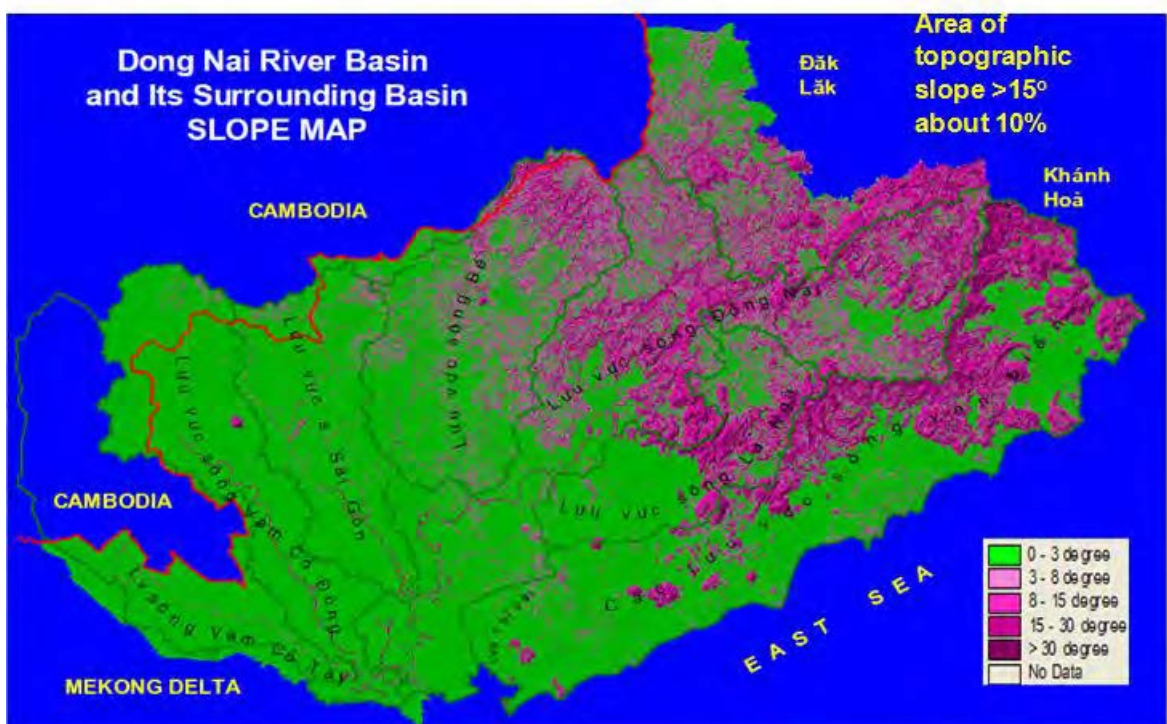


図 1-3-2 Dong Nai - Sai Gon 流域における高低状況
 <提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

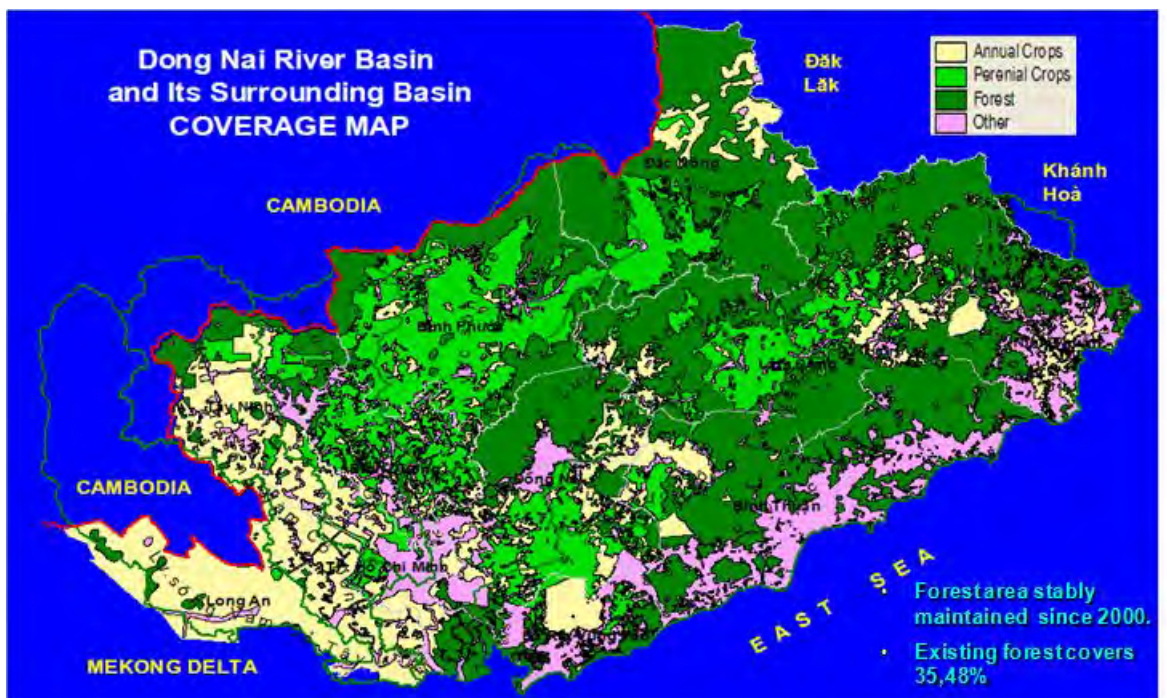


図 1-3-3 Dong Nai - Sai Gon 流域における土地利用状況
 <提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

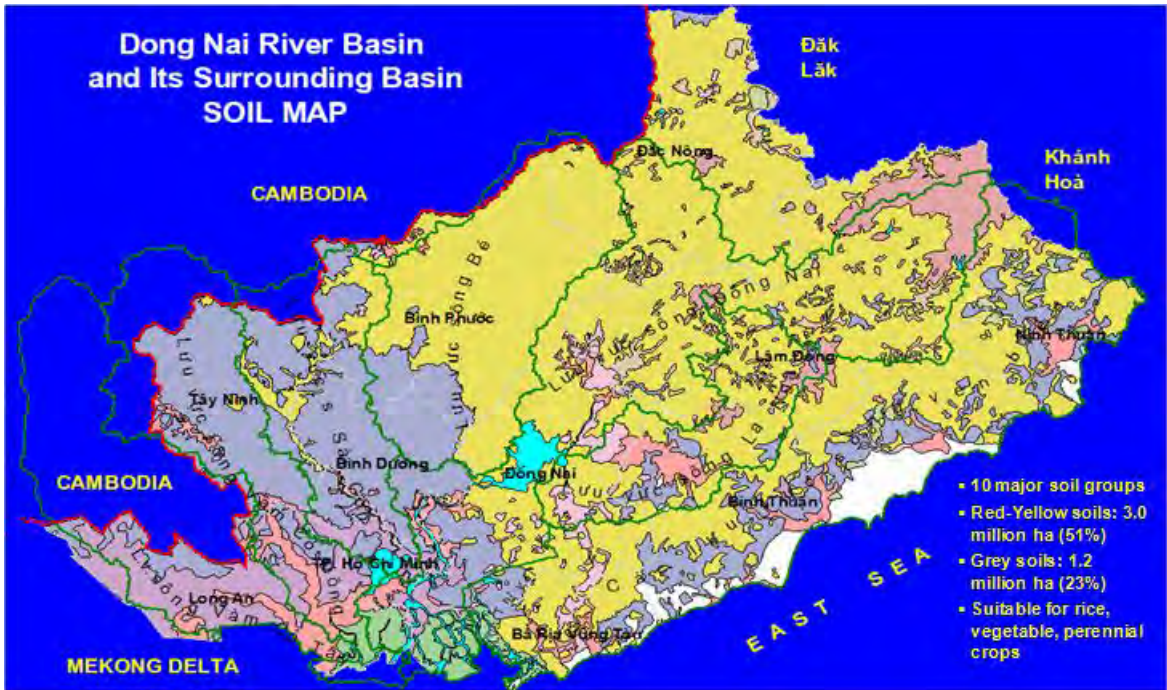


図 1-3-4 Dong Nai - Sai Gon 流域における土壤分布状況
 <提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

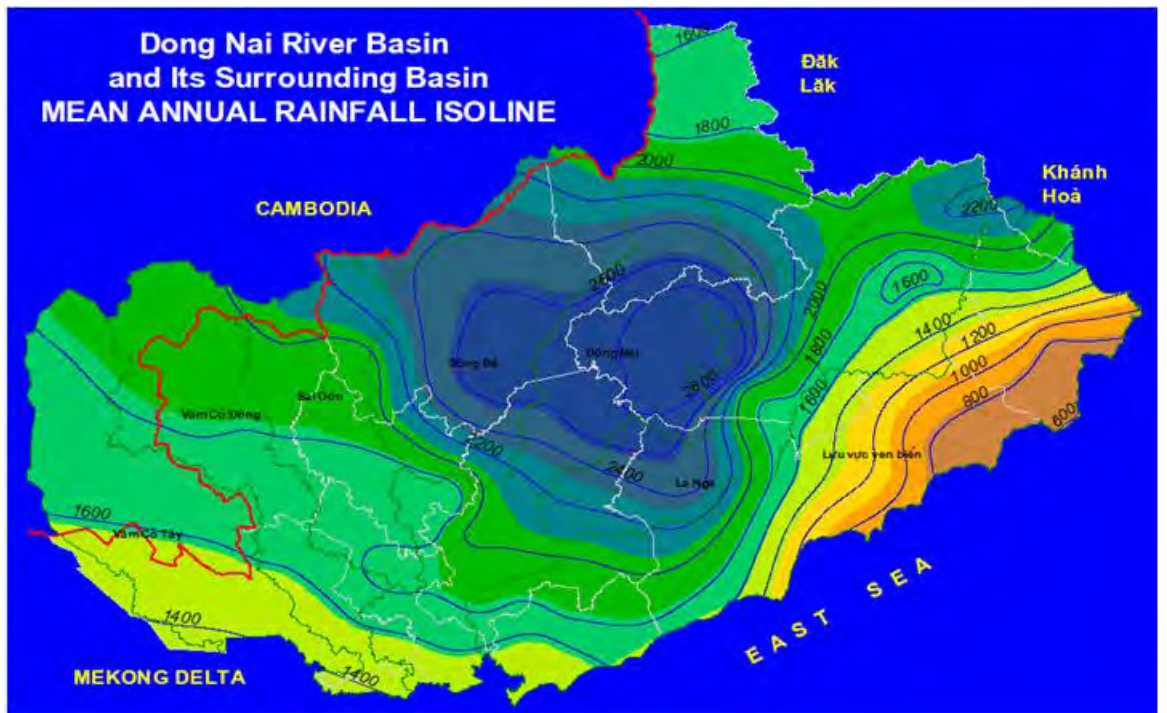


図 1-3-5 Dong Nai - Sai Gon 流域における降雨量分布状況
 <提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

1-3-2 ベトナムにおける水資源管理

● 水利権の管理

一般に、新規に地表水を利用しようとする場合には、既存の水利と競合するため、水源開発を行う必要がある。ベトナムにおいては、水資源に関する法律（水資源法：Law of Water Resource）が1998年に制定され、この法律に基づき水利用許可としての水利権が許可されることとされている。

水資源管理に関わる省庁としては、2002年の省庁再編により設立された資源環境省（MONRE：Ministry of Natural Resources and Environment、水資源法の主務官庁）があり、いかなる目的で水を利用する場合にも、必ずMONREの許可が必要であるとされている。また、水資源の利用においてはMONREの管理下のもとで流域管理組織（RBO）が組織されており、アドバイスの役割を果たしている。

他方、MONREの設立以前に治水や利水等の河川事業を主管していた農業農村開発省（MARD：Ministry of Agriculture and Rural Development）が、現在も一定の権限を持ち、水資源管理（特に事業者の立場としてのダム湖からの取水など）に関与しているものと思われる。

また、これらの中央政府機関に加えて、地方行政機関も水利用の許可の権限を有していることから、従って、一つの流域に複数の許可機関が存在し、水利用許可がばらばらになされているようである。

近年の動きとしては、2005年に環境保護法が制定され、2012年には水資源法が改正された。改正された水資源法においては、流域全体での統合的な水資源管理の概念に言及されており、関係機関間での調整に基づき、流域全体での水利権調整等の議論がなされることが期待される。

今回の新規水源開発に関して、WSMPにおいて、Tri An貯水池及びDau Tieng貯水池から取水することが承認事項として認識されているが、将来の水資源管理手法の動向によって、現行の水利権許可制度も影響を受けることに留意すべきである。

● 水質管理

ベトナムの水利権システムの特徴点は、地表水と地下水の開発及び利用と同様に、廃水処理にもライセンス方式を採用していることである。排水に関する水質基準は、生活用水や工業用水といった利用目的や、廃棄物埋立地からの浸出水など、条件ごとに定められているが、実際の管理状況については明らかでない。

水源水質保全に関しては、国家技術基準（QCVN）が規定する地表水の水質環境基準（QCVN08:2008/BTNMT）において、用途別の水質環境基準が定められている（表1-3-1参照）。水道利用を目的とした水質基準としては、A2類型が標準とされている。

表 1-3-1 ベトナムにおける地表水の水質環境基準 (QCVN08:2008/BTNMT)

TT	Parameters	Unit	Limit values			
			A		B	
			A1	A2	B1	B2
1	pH		6 to 8.5	6 to 8.5	5.5 to 9	5.5 to 9
2	Dissolved oxygen (DO)	mg / l	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
3	Total suspended solids (TSS)	mg / l	20	30	50	100
4	COD	mg / l	10	15	30	50
5	BOD ₅ (20 ° C)	mg / l	4	6	15	25
6	Ammonium (NH ₄ ⁺) (N)	mg / l	0.1	0.2	0.5	1
7	Chloride (Cl ⁻)	mg / l	250	400	600	-
8	Fluoride (F ⁻)	mg / l	1	1.5	1.5	2
9	Nitrite (NO ₂ ⁻) (N)	mg / l	0.01	0.02	0.04	0.05
10	Nitrate (NO ₃ ⁻) (N)	mg / l	2	5	10	15
11	Phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg / l	0.1	0.2	0.3	0.5
12	Cyanide (CN ⁻)	mg / l	0.005	0.01	0.02	0.02
13	Arsenic (As)	mg / l	0.01	0.02	0.05	0.1
14	Cadmium (Cd)	mg / l	0.005	0.005	0.01	0.01
15	Lead (Pb)	mg / l	0.02	0.02	0.05	0.05
16	Chromium III (Cr ³⁺)	mg / l	0.05	0.1	0.5	1
17	Chromium VI (Cr ⁶⁺)	mg / l	0.01	0.02	0.04	0.05
18	Copper (Cu)	mg / l	0.1	0.2	0.5	1
19	Zinc (Zn)	mg / l	0.5	1	1.5	2
20	Nickel (Ni)	mg / l	0.1	0.1	0.1	0.1
21	Iron (Fe)	mg / l	0.5	1	1.5	2
22	Mercury (Hg)	mg / l	0.001	0.001	0.001	0.002
23	Surface-active substances	mg / l	0.1	0.2	0.4	0.5
24	Total oil and grease (oils & Grease)	mg / l	0.01	0.02	0.1	0.3
25	Phenol (total)	mg / l	0.005	0.005	0.01	0.02
26	Agricultural chemical organic chlorine					
	Aldrin + Dieldrin	μg / l	0.002	0.004	0.008	0.01
	Endrin	μg / l	0.01	0.012	0.014	0.02
	BHC	μg / l	0.05	0.1	0.13	0.015
	DDT	μg / l	0.001	0.002	0.004	0.005
	Endosulfan (Thiodan)	μg / l	0.005	0.01	0.01	0.02
	Lindan	μg / l	0.3	0.35	0.38	0.4
	Chlordane	μg / l	0.01	0.02	0.02	0.03
	Heptachlor	μg / l	0.01	0.02	0.02	0.05
27	Agricultural chemical organic phosphorus					
	Paration	μg / l	0.1	0.2	0.4	0.5
	Malation	μg / l	0.1	0.32	0.32	0.4
28	Chemical herbicides					
	2,4 D	μg / l	100	200	450	500
	2,4,5 T	μg / l	80	100	160	200
	Paraquat	μg / l	900	1,200	1,800	2,000
29	Gross α radioactivity	Bq / l	0.1	0.1	0.1	0.1
30	Gross β radioactivity	Bq / l	1	1	1	1
31	E. Coli	MPN /100ml	20	50	100	200
32	Coliform	MPN /100ml	2,500	5,000	7,500	10,000

Note: The classification of surface water to assess and control the quality of water for various water uses:

A1 - Good use for the purpose of water supply and other purposes, such as A2, B1 and B2.

A2 - For the purpose of water supply but to apply the appropriate treatment technology; aquatic plant and animal conservation, or the purpose of use as B1 and B2.

B1 - Use for irrigation purposes or other purposes have similar water quality requirements or other purposes such as type B2.

B2 - navigation and other purposes with low water quality requirements.

1-3-3 Tri An 貯水池及び Dau Tieng 貯水池における水文・水質の現況

- Tri An 貯水池

Tri An 貯水池の諸元及び水資源管理等の概要を表 1-3-2 に示す。

表 1-3-2 Tri An 貯水池の概要

Catchment area		14,600km ²
Surface area of storage reservoir		350km ² (HHWL), 323km ² (HWL)
Capacity of storage reservoir		2.76billion m ³ 0.22 million m ³ (LWL)
Water level	HWL	+ 62.0m
	LWL	+ 50.0m
	HHWL	+ 63.9m
	Bottom	+ 28 ~ 30m
Mean depth		8.5m
Primary use		Power generation etc (60~880m ³ /sec ≒ 5.2~76million m ³ /day)
Administrator		MONRE,MOIT
Start of operation		1991

Dong Nai—Sai Gon 流域で最大の集水面積を有する Tri An 貯水池は、ホーチミン市等への電力供給を目的として、ソビエト社会主義共和国連邦（当時）の支援のもと、1985年から建設を開始、1991年から供用を開始した。これらの施設は工商省（MOIT : Ministry of Industry and Trade）の直轄下にあるベトナム電力公社（EVN : Vietnam Electricity）が管理している。なお、貯水池全体の利水及び環境面の管理については、MONRE の管轄のもと、Dong Nai 省が行っている。



図 1-3-6 Tri An 貯水池から Dong Nai 川への放流口

Dong Nai 川への放流口は2箇所あり、雨期においては、周辺地域への浸水防止の点から、Main Gate からの放流を行うこともあるが、年間の平均放流量（約 475m³/s）のほとんどが発電に利用されている。

その他、湖からの直接取水による水利用としては、Dong Nai 省での上水供給として、2,000m³/day の水が利用されているのみである。

図 1-3-7 に Tri An 貯水池の水位状況及び貯水池への水の流入状況を、表 1-3-3 に Tri An 貯水池から Dong Nai 川への放流量の現状及び計画を示す。

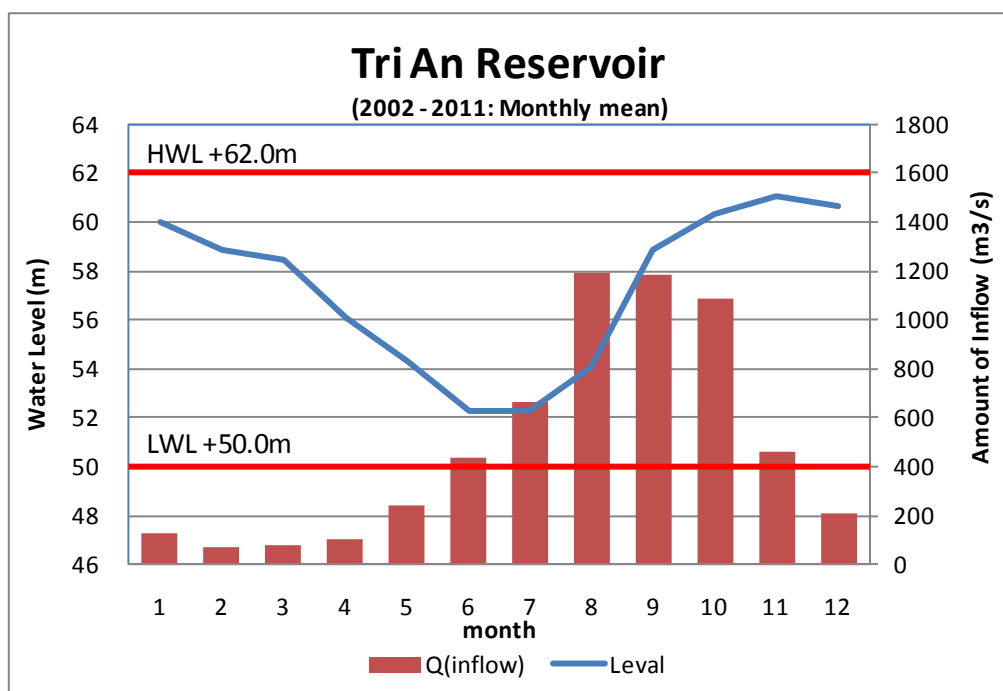


図 1-3-7 水位及び流入水量の変化 (Tri An 貯水池：2002～2011 年の月間平均値)
 <提供元：Dong Nai 省>

表 1-3-3 Tri An 貯水池から Dong Nai 川への放流量 (現状、計画)

(単位：m³/s)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
Present	276.3	259.4	208.3	208.3	243.6	265.4	577.8	831.5	963.2	983.0	577.2	308.2	475.2
2015	277.2	259.0	208.8	201.5	229.1	265.2	567.5	748.2	894.7	935.3	560.8	289.9	453.1
2020	277.8	259.6	209.7	200.8	225.5	266.8	557.1	726.5	877.1	919.8	550.1	282.3	446.1

<提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

2002～2011 年における Tri An 貯水池への平均年間流入量は約 155 億 m³(約 490m³/s) であり、貯水池容量から算出される滞留時間は、0.17 年程度である。

水位管理については、目標水位を 12 月下旬に 62m、6 月下旬に 50m と設定して運用

している。上記期間においては、2010年の雨期初期の降雨量が少なかった影響により、7月の数日間に50mを下回ったが、運用面での支障は見られていない。

次に、貯水池の水質に関する過去の調査結果及び調査地点を表1-3-4、調査地点を図1-3-8に示す。また、Dong Nai川の水質の現況として、表1-3-5及び表1-3-6にSAWACOのThu Duc浄水場の原水水質データを示す。



図 1-3-8 水質調査地点

表 1-3-4 水源水質の現況 (Tri An 貯水池)

	Parameters	Unit	Ranges of water samples analyzed				QCVN08:2008	
			No.1 (2008-2012)	No.2 (2008-2012)	No.3 (2008-2012)	No.4 (2012)	Limit values	
			A2	B1				
1	pH		6.1 - 8.2	6.5 - 7.9	6.6 - 7.8	7.1 - 8.9	6 to 8.5	5.5 to 9
2	Dissolved oxygen (DO)	mg / l	5.1 - 8.1	5.4 - 7.6	5.4 - 7.5	6.4 - 8.4	≥ 5	≥ 4
3	Total suspended solids (TSS)	mg / l	<2 - 23	<2 - 18	<2 - 28	2 - 11	30	50
4	COD	mg / l	3 - 26	4 - 24	3 - 21	8 - 11	15	30
5	BOD ₅ (20 °C)	mg / l	2 - 6	2 - 7	2 - 6	3 - 5	6	15
6	Ammonium (NH ₄ ⁺) (N)	mg / l	0.02 - 0.18	0.03 - 0.23	0.02 - 0.19	0.05 - 0.14	0.2	0.5
7	Chloride (Cl ⁻)	mg / l	3.7 - 8.4	4.3 - 8.1	4.3 - 8.7		400	600
8	Fluoride (F ⁻)	mg / l					1.5	1.5
9	Nitrite (NO ₂ ⁻) (N)	mg / l	<0.002 - 0.017	<0.002 - 0.015	<0.002 - 0.019	<0.002 - 0.014	0.02	0.04
10	Nitrate (NO ₃ ⁻) (N)	mg / l	<0.04 - 0.73	<0.04 - 0.76	<0.04 - 0.74	<0.05 - 0.39	5	10
11	Phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg / l	<0.005 - 0.041	0.006 - 0.054	<0.005 - 0.044	<0.009 - 0.016	0.2	0.3
12	Cyanide (CN ⁻)	mg / l	<0.002 - 0.002	<0.002 - 0.002	<0.002		0.01	0.02
13	Arsenic (As)	mg / l					0.02	0.05
14	Cadmium (Cd)	mg / l	<0.005	<0.005	<0.005		0.005	0.01
15	Lead (Pb)	mg / l	<0.001 - 0.004	<0.001 - 0.006	<0.001 - 0.003	<0.001 - 0.002	0.02	0.05
16	Chromium III (Cr ³⁺)	mg / l					0.1	0.5
17	Chromium VI (Cr ⁶⁺)	mg / l	<0.01	<0.01	<0.01		0.02	0.04
18	Copper (Cu)	mg / l					0.2	0.5
19	Zinc (Zn)	mg / l	<0.05	<0.05 to 0.06	<0.05 to 0.07	<0.05	1	1.5
20	Nickel (Ni)	mg / l	<0.01	<0.01 to 0.01			0.1	0.1
21	Iron (Fe)	mg / l	0.1 - 3.56	0.11 - 3.63	0.11 - 3.71	0.15 - 1.17	1	1.5
22	Mercury (Hg)	mg / l	<0.0005	<0.0005	<0.0005		0.001	0.001
23	Surface-active substances	mg / l	N.D.	N.D. to 0.11	N.D.		0.2	0.4
24	Total oil and grease (oils & Grease)	mg / l					0.02	0.1
25	Phenol (total)	mg / l	<0.001 to 0.001	<0.001 to 0.001	<0.002	<0.002	0.005	0.01
26	Agricultural chemical organic chlorine		N.D.	N.D.				
	Aldrin + Dieldrin	µg / l					0.004	0.008
	Endrin	µg / l					0.012	0.014
	BHC	µg / l					0.1	0.13
	DDT	µg / l					0.002	0.004
	Endosulfan (Thiodan)	µg / l					0.01	0.01
	Lindane	µg / l					0.35	0.38
	Chlordane	µg / l					0.02	0.02
	Heptachlor	µg / l					0.02	0.02
27	Agricultural chemical organic phosphorus		N.D.	N.D. to 0.03				
	Paration	µg / l					0.2	0.4
	Malation	µg / l					0.32	0.32
28	Chemical herbicides							
	2,4 D	µg / l					200	450
	2,4,5 T	µg / l					100	160
	Paraquat	µg / l					1,200	1,800
29	Gross α radioactivity	Bq / l					0.1	0.1
30	Gross β radioactivity	Bq / l					1	1
31	E. Coli	MPN /100ml	N.D. - 93	N.D. - 790	N.D. - 43	<3 to 93	50	100
32	Coliform	MPN /100ml	2 - 15,000	<3 - 4,600,000	15 - 2,800	9 - 240	5,000	7,500
	Turbidity	NTU	<1 to 54	<1 to 52	<1 to 56	4 to 16	/	
	Total dissolved solid (TDS)	mg / l	21.1 to 48.1	21.2 to 46.5	20.9 to 46.5	21.7 to 30.9		
	Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg / l	<5	<5	<5			
	Total P	mg / l	0.02 to 0.07	0.01 to 0.07	0.02 to 0.06			
	Electric conductivity (EC)	µS / cm	35.6 to 67	37.6 to 62.7	35.4 to 63.7	42.3 to 59.6		

表 1-3-5 Dong Nai 川の水質現況【2002～2011 年：Thu Duc 浄水場原水】

	Parameters	Unit	Raw Water at Thu Duc WTP			QCVN08:2008	
			mean	max	min	Limit values	
						A2	B1
1	pH		6.9	7.5	6.0	6 to 8.5	5.5 to 9
2	Turbidity	NTU	35	241	4	≥ 5	≥ 4
3	Color	mg / l	193	1525	10	—	—
4	Hardness	mg / l	18	95	3	—	—
5	Suspended Solid (SS)	mg / l	35	205	3	6	15
6	Alkalinity	mg / l	19	38	9	—	—
7	Chloride (Cl ⁻)	mg / l	5.3	118	0.5	400	600
8	Dissolved oxygen (DO)	mg / l	5.7	7.9	3.1	≥ 5	≥ 4
9	COD	mg / l	4.7	12	0.3	15	30
10	Ammonium (NH ₄ ⁺) (N)	mg / l	0.42	6.67	0.05	0.2	0.5
11	Nitrite (NO ₂ ⁻) (N)	mg / l	0.005	0.046	N.D.	0.02	0.04
12	Nitrate (NO ₃ ⁻) (N)	mg / l	0.9	5.2	N.D.	5	10
13	Phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg / l	0.15	0.52	N.D.	0.2	0.3
14	Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg / l	1	13	N.D.	—	—
15	Aluminium (Al ³⁺)	mg / l	0.02	0.10	N.D.	—	—
16	Lead (Pb)	mg / l	0.0005	0.002	N.D.	0.02	0.05
17	Copper (Cu)	mg / l	0.011	0.048	N.D.	0.2	0.5
18	Zinc (Zn)	mg / l	0.02	0.19	N.D.	1	1.5
19	Iron (Fe)	mg / l	0.87	4.60	0.08	1	1.5
20	Manganese (Mn)	mg / l	0.075	0.460	0.004	—	—
21	Coliform	MPN /100ml	4,680	14,300	500	5,000	7,500
22	Electric conductivity (EC)	μS / cm	48	340	31	—	—

< 提供元：Saigon Water Corporation >

表 1-3-6 Dong Nai 川の水質現況（重金属類等）【2012 年：Thu Duc 浄水場原水】

Month	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Se (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)	DDT (μg/l)	Gross α radioactivity(Bq/l)	Gross β radioactivity (Bq/l)
1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	—	< 0.001	< 0.001	—	—	—
2	< 0.001	0.001	0.003	—	< 0.001	0.002	—	—	—
3	< 0.001	0.001	0.001	N.D.	< 0.001	0.004	2.2	< 1.0	< 1.0
4	< 0.001	0.002	0.001	—	< 0.001	0.005	—	—	—
5	< 0.001	0.001	0.001	—	< 0.001	0.006	—	—	—
6	< 0.001	0.002	0.001	N.D.	< 0.001	0.005	2.2	< 1.0	< 1.0
7	< 0.001	0.001	—	—	< 0.001	0.001	—	—	—
8	< 0.001	0.002	—	—	< 0.001	0.004	—	—	—
9	< 0.001	0.001	0.002	N.D.	< 0.001	0.005	2.2	< 1.0	< 1.0
10	< 0.001	0.005	0.003	—	< 0.001	0.007	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
QCVN08:2008			Cr ⁶⁺	—	—	—	—	—	—
A2	0.02	0.005	0.02	—	0.001	0.02	0.002	0.1	1
B1	0.05	0.01	0.04	—	0.001	0.05	0.004	0.1	1

< 提供元：Saigon Water Corporation >

Dong Nai 川の河川水質は、後述する Sai Gon 川ほどではないが、乾期において、塩水遡上の影響による塩化物イオン濃度の上昇が見られており、河川流量の少なかった 2011 年はその期間が長く上昇幅も大きい状況であった。なお、図 1-3-9 は各年度における塩化物イオン濃度の検出範囲と年間平均値を経年変化で表したものである。

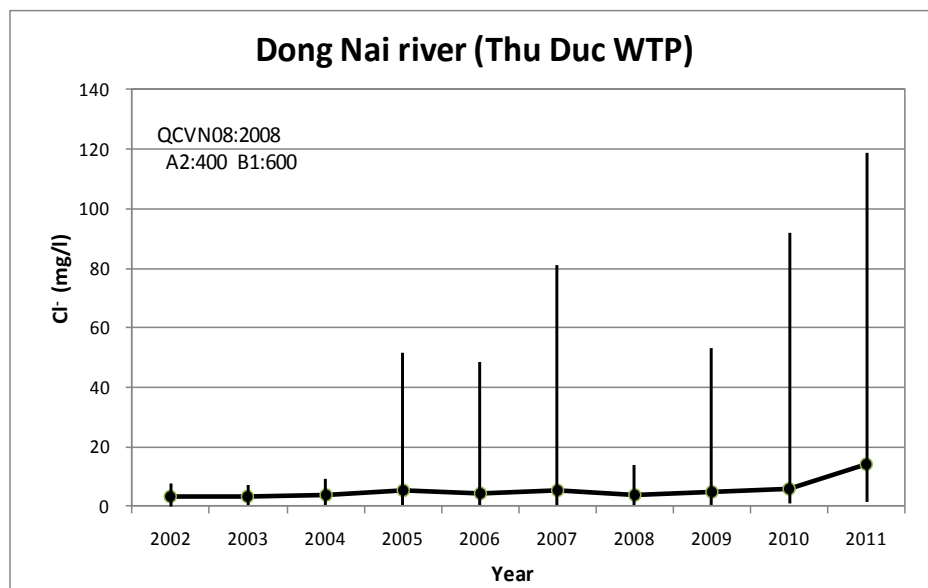


図 1-3-9 Dong Nai 川における塩化物イオン濃度の経年変化【Thu Duc 浄水場原水】
 <提供元：Saigon Water Corporation>

その他、近年の傾向など、次のような特徴がある。

- pH は 7 前後で安定している
- 濁度と色度の変動が一致し、雨期に上昇する傾向がある
- 色度が 1,000 度を超えることもあり、Sai Gon 川に比べて極めて高い
- 溶存酸素 (DO) は 5~6mg/l で安定している
- COD は 1~9mg/l の範囲で変動しており、浄水処理において大きな問題はない
- 硬度は通常 20mg/l 程度 (塩化物イオンの上昇期間を除く)
- アンモニアは雨期に上昇する傾向がみられる (濁度、色度も上昇傾向)
- 重金属類については、ほとんど検出されていない。
- DDT のデータは少ないが、DDT に関する世界保健機構 (WHO) の飲料水質ガイドライン (1µg/l、ベトナムの基準では 2µg/l) を超えている。DDT は現在ホーチミン市で導入されている浄水処理では基本的に除去できないため、注視しておく必要がある。

Tri An 貯水池周辺での産業人間活動はあまり大きくない。水源において想定される汚染源としては、製糖工場やビール製造関連工場といった工場が数箇所立地しているほか、魚の養殖が考えられる。

なお、Tri An 貯水池の管理事務所等へのヒアリングによると、現在のところ、貯水池周辺での大規模な開発計画などはないとのことであった。

● **Dau Tieng 貯水池**

Dau Tieng 貯水池の諸元及び水資源管理等の概要を表 3-3-7 に示す。

表 1-3-7 Dau Tieng 貯水池の概要

Catchment area		2,700km ²
Surface area of storage reservoir		270km ² (HWL), 110km ² (LWL)
Capacity of storage reservoir		1.58 billion m ³ 0.47 billion m ³ (LWL)
Water level	HWL	+ 24.4m
	LWL	+ 17.0m
	HHWL	+ 25.1m
	Bottom	+ 0m
Mean depth		5.9m
Primary use		Agriculture, Domestic, River maintenance etc (Max:146.4m ³ /sec≒12.5million m ³ /day)
Administrator		MARD
Start of operation		1987

Dau Tieng 貯水池は、Tay Ninh 省と Long An 省への農業用水と、ホーチミン市等への水道水の供給を主な目的として、ベトナム政府資金により 1983 年に建設、1987 年から供用を開始した。その管理は、MARD の直轄下にある Dau Tieng – Phuoc Hoa 灌漑鉞業会社 (Dau Tieng – Phuoc Hoa Irrigation Mining Limited Liability Company One Member) が管理している。

既存の水利の主な目的は農業用水及び水道用水としての利用である。周辺地域、特に Dau Tieng 貯水池の南西に位置する Tay Ninh 省及び Long An 省は農業が盛んな地域であり、農業用水利用が最も大きい。

Dau Tieng 貯水池からの主な放流口は 4 箇所ある。(図 1-3-10) Sai Gon 川の河川維持水の確保のため、常時 Sub Gate からの放流が行われているが、1 月から 7 月の河川維持水量が低下する時期においては、Main Gate からの放流 (3~4 月は約 2 週間/月) を行っている。また、East canal からは農業用水や生活用水等を供給しているが、Canal の清掃のため、年 1 回 1 ヶ月間放流を停止している。

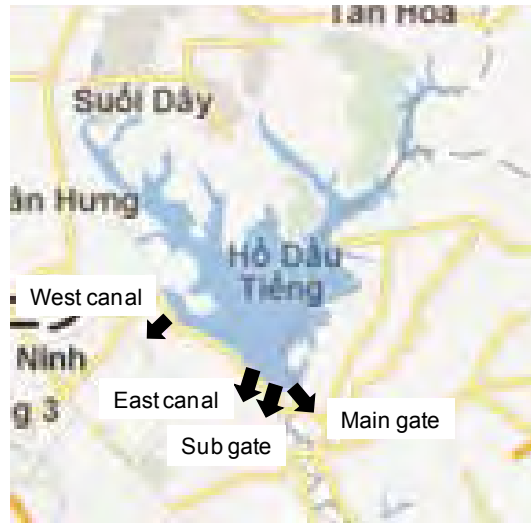


図 1-3-10 Dau Tieng 貯水池からの放流口

図 1-3-11 に Dau Tieng 貯水池の水位状況及び貯水池への水の流入状況を、表 1-3-8 に Dau Tieng 貯水池から Sai Gon 川への放流量の現状及び計画を示す。

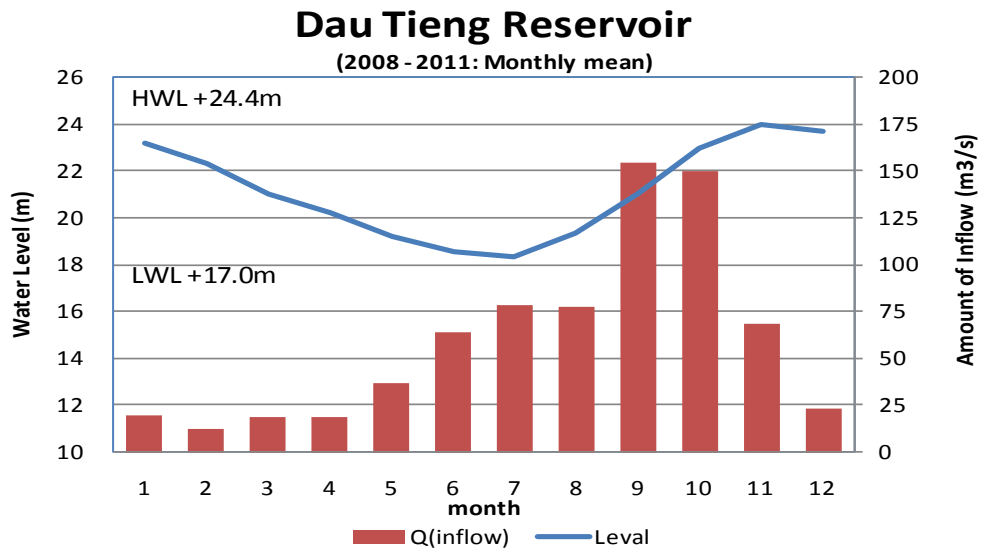


図 1-3-11 水位及び流入水量の変化 (Dau Tieng 貯水池:2002～2011 年の月間平均値)

<提供元 : Dau Tieng – Phuoc Hoa Irrigation Mining

Limited Liability Company One Member >

表 1-3-8 Dau Tieng 貯水池からの河川放流量（現状、計画）

（単位：m³/s）

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
Present	23.8	25.8	21.9	18.1	20.8	35.4	39.3	48.8	55.8	79.6	34.9	21.8	35.5
2015	27.4	32.6	28.2	26.6	25.8	34.4	36.6	44.1	55.9	78.0	35.5	22.8	37.3
2020	27.4	32.6	28.2	26.6	25.8	34.4	36.6	44.1	55.9	78.0	35.5	22.8	37.3

< 提供元：Southern Institute for Water Resources Planning >

2008～2011年におけるDau Tieng貯水池への平均年間流入量は約19億m³(約60m³/s)、滞留時間は0.83年程度である。Tri An貯水池と同様に、2010年の雨期初期の降雨量が少なかった影響により、7月の数日間に17mを下回ったが、運用面での支障は見られていない。

次に、貯水池の水質に関する過去の調査結果と調査地点を表1-3-9に、調査地点を図1-3-12に示す。また、Sai Gon川の水質の現況として、表1-3-10及び表1-3-11にSAWACOのTan Hiep浄水場の原水水質データを示す。

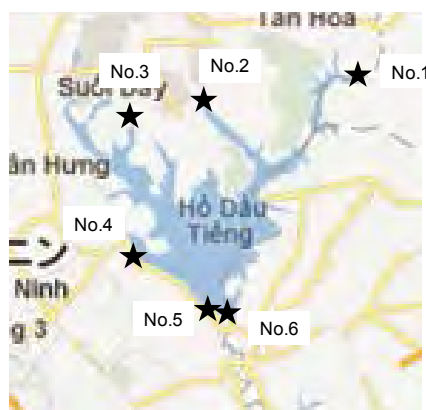


図 1-3-12 水質調査地点

表 1-3-9 水源水質調査結果（Dau Tieng 貯水池）

	Parameters	Unit	Ranges of water samples analyzed						QCVN08:2008	
			No.1 (2008-2012)	No.2 (2011-2012)	No.3 (2008-2012)	No.4 (2008-2012)	No.5 (2011-2012)	No.6 (2008-2012)	Limit values	
									A2	B1
1	pH		6.5 - 7.6	6.1 - 7.2	5.3 - 7.4	6.2 - 7.2	6.3 - 8.3	5.8 - 8.3	6 to 8.5	5.5 to 9
2	COD	mg / l	3.9 - 48	6.7 - 20	1.9 - 160	7.7 - 38	14 - 33	4.5 - 26	15	30
3	BOD ₅ (20 °C)	mg / l	0 - 12	0 - 6	0 - 96	0 - 11	4 - 10	0 - 18	6	15
4	Iron (Fe)	mg / l	0.15 - 2.6	1.1 - 1.7	0.7 - 12	0.19 - 7.1	0.17 - 0.94	0.02 - 0.89	1	1.5
5	Total P	mg / l	0.05 - 0.22	0.07	0.15 - 0.96	0.27 - 1.3	0.11	0.12 - 0.22	—	—
6	Total N	mg / l	5.4 - 28	4.9	8.9 - 42	6.4 - 21	5.6	6.4 - 21	—	—
7	Coliform	MPN /100ml	240 - >24,000	1,100 - >24,000	43 - >24,000	21 - >24,000	460 - >24,000	430 - >24,000	5,000	7,500

< 提供元：Dau Tieng – Phuoc Hoa Irrigation Mining
Limited Liability Company One Member >

表 1-3-10 Sai Gon 川の水質現況【2005～2011 年：Tan Hiep 浄水場原水】

	Parameters	Unit	Raw Water at Tan Hiep WTP			QCVN08:2008	
			mean	max	min	Limit values	
						A2	B1
1	pH		7.3	9.7	6.1	6 to 8.5	5.5 to 9
2	Turbidity	NTU	54	426	7	≥ 5	≥ 4
3	Color	mg / l	18	106	2	—	—
4	Hardness	mg / l	37	126	10	—	—
5	Suspended Solid (SS)	mg / l	39	238	3	6	15
6	Alkalinity	mg / l	22	44	2	—	—
7	Chloride (Cl ⁻)	mg / l	35	315	5	400	600
8	Dissolved oxygen (DO)	mg / l	3.3	6.8	1.0	≥ 5	≥ 4
9	COD	mg / l	7.4	12	1.5	15	30
10	Ammonium (NH ₄ ⁺) (N)	mg / l	0.38	2.30	0.02	0.2	0.5
11	Nitrite (NO ₂ ⁻) (N)	mg / l	0.010	0.600	N.D.	0.02	0.04
12	Nitrate (NO ₃ ⁻) (N)	mg / l	0.4	1.7	N.D.	5	10
13	Phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg / l	0.56	1.39	0.08	0.2	0.3
14	Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg / l	14	92	N.D.	—	—
15	Aluminium (Al ³⁺)	mg / l	0.04	0.67	N.D.	—	—
16	Copper (Cu)	mg / l	0.0007	0.014	N.D.	0.2	0.5
17	Iron (Fe)	mg / l	1.25	2.89	0.05	1	1.5
18	Manganese (Mn)	mg / l	0.194	1.010	0.054	—	—
19	Electric conductivity (EC)	μS / cm	131	1330	30	—	—

<提供元：Saigon Water Corporation>

表 1-3-11 Sai Gon 川の水質現況（重金属類等）【2012 年：Tan Hiep 浄水場原水】

Month	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Se (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)	DDT (μg/l)	Grass α radioactivity(Bq/l)	Grass β radioactivity (Bq/l)
1	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	3.73	< 1	< 2
2	< 0.001	0.005	0.005	< 0.001	< 0.001	0.006	< 1	< 1	< 2
3 (ft)	< 0.001	0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	< 1	< 1	< 1
3 (st)	< 0.001	0.002	0.003	< 0.001	< 0.001	0.025	< 0.5	< 0.12	< 0.35
4 (ft)	< 0.001	0.002	0.002	< 0.001	< 0.001	0.008	< 1	< 1	< 1
4 (st)	< 0.001	0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	0.014	< 0.5	< 0.12	< 0.35
5 (ft)	< 0.001	0.002	0.003	< 0.001	< 0.001	0.005	< 1	< 1	< 1
5 (st)	< 0.001	0.002	0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	< 0.5	< 0.12	< 0.35
6 (ft)	< 0.001	0.003	0.002	< 0.001	< 0.001	0.012	< 1	< 1	< 1
6 (st)	< 0.001	0.003	0.001	< 0.001	< 0.001	0.006	< 0.5	< 0.12	< 0.35
7 (ft)	< 0.001	0.002	0.003	< 0.001	< 0.001	0.011	< 1	< 1	< 1
7 (st)	< 0.001	0.003	0.002	< 0.001	< 0.001	0.005	< 0.5	< 0.12	< 0.35
8 (ft)	< 0.001	0.002	0.002	< 0.001	< 0.001	0.006	< 0.001		
8 (st)	< 0.001	0.003	0.003	< 0.001	< 0.001	0.008	< 1	< 1	< 1
9 (ft)	< 0.001	0.003	0.004		< 0.001	0.002	< 0.5	< 0.12	< 0.35
9 (st)	< 0.001	0.002	0.003	< 0.001	< 0.001	0.003	< 0.001		
10	< 0.001	0.003	0.005	< 0.001	< 0.001	0.008	< 0.001		
11									
12									
QCVN08:2008			Cr ⁶⁺						
A2	0.02	0.005	0.02	—	0.001	0.02	0.002	0.1	1
B1	0.05	0.01	0.04	—	0.001	0.05	0.004	0.1	1

備考： "ft" means first time, "st" means second time.

<提供元：Saigon Water Corporation>

Sai Gon 川の河川水質は、乾期において、塩水遡上の影響による塩化物イオン濃度の上昇が見られており、Dong Nai 川よりもその影響が大きい。河川流量の少なかった 2011

年には塩化物イオン濃度の上昇による影響が3~4ヶ月も続いた。

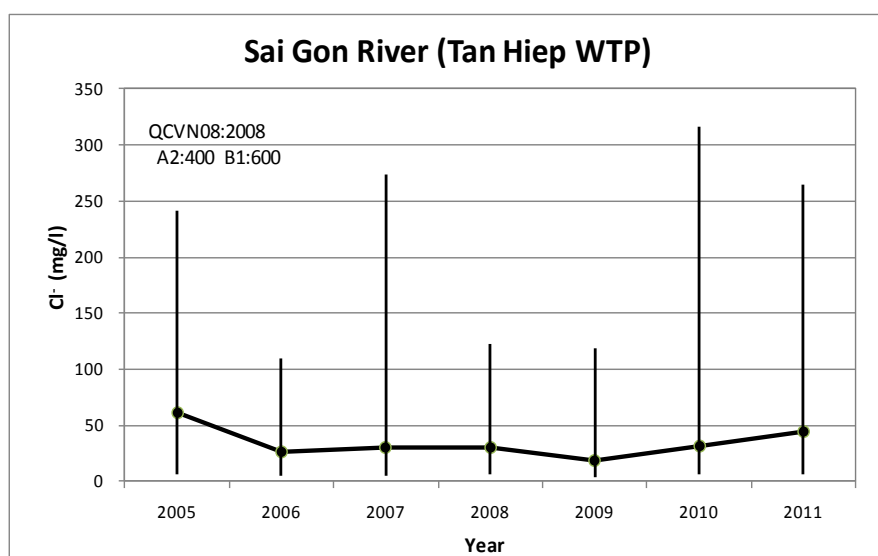


図 1-3-13 Sai Gon 川における塩化物イオン濃度の経年変化【Tan Hiep 浄水場原水】
<提供元：Saigon Water Corporation>

その他、近年の傾向など、次のような特徴がある。

- pHは7で安定しているが、2006年4~9月にかけて高pHの状況が見られた
- 色度は低く安定している
- 溶存酸素（DO）は2~3mg/lと低い状況である
- CODは2~12mg/lの範囲で変動、近年悪化の傾向にある
- 硬度30~40mg/l程度（塩化物イオンの上昇期間を除く）
- 雨期にアンモニアが激しく変動し、最高値が上昇する傾向にある
- 濁度とマンガンの変動が一致
- 重金属類については、ほとんど検出されていない

Dau Tieng 貯水池周辺では、農業、畜産が行われており、これらの排水が流入していると考えられる。また、タピオカ工場（1箇所）やゴム加工工場（2箇所）が立地しており、約20m³/dayの一次処理排水が流入しているとの報告がある。魚の養殖については、貯水池の水質への影響のため、2005年6月以降は禁止されているとのことであるが、Dau Tieng 貯水池の管理事務所へのヒアリングでは違法行為が行われているとの情報もある。

また、同じく同事務所等へのヒアリングによると、貯水池周辺での大規模な開発計画などについては、Tri An 貯水池と同様に、現在のところはないとのことであった。

1-3-4 水量分析

● Tri An 貯水池

前述のとおり、既存の水利は、年間の平均放流量（約 475m³/s）のほとんどが発電に利用されている。ホーチミン市では、乾期において、電力供給不足に起因する計画停電が行われることもあるため、今回の新規水源開発量（取水量 247.5 万 m³/day \div 28.6m³/s）は、従来の発電用水量に影響を与えることとなると考えられる。

こうしたことから、今回の水源開発においては、MONRE からの許可とともに、発電施設の管理者である MOIT（EVN）との協議が重要となる。

そこで、新規水源開発が発電量に与える影響について試算した。雨期においては、周辺地域への浸水防止の点から、Main Gate からの放流を行うこともあるが、全量を発電利用すると仮定する。また、実際の運転状況（稼働台数等）により、水車効率及び発電効率が変わるが、最高効率での発電を行うと仮定する。今回の試算結果によると、この新規水源開発によって、年間最大で 6%程度の発電量の減少をもたらすと推定された。

実際には上記関係機関との協議によるが、Tri An 貯水池上流においては、水力発電用ダム建設計画があり、これらの事業実施によって、Tri An 貯水池のより有効な運用も可能になるなど、水量面での新規水源利用は可能と考える。

ベトナムでの電力不足の原因は、次のようなことによると言われている。

- 降水量に大きく左右される水力発電への依存（約 4 割）
- 比較的安価な電力料金が、電力消費需要を増長させている

電力供給における課題解決のため、省エネルギー施策の推進、火力発電や原子力発電の建設計画などの電力供給政策の動向に注視しておく必要がある。

● Dau Tieng 貯水池

既存利水者における現在の利用水量は、周辺河川等から貯水池への年間流入量（約 60m³/s）から、河川放流量（35.5m³/s：河川維持用水を含む）や年間平均蒸発量（約 1m）を差し引くと、約 5 億 m³/year（約 136 万 m³/day）と推計される。

今回の水源開発に当たっては、MONRE や MARD に加えて、こうした既存利水者との協議が必要であり、具体的には、農業用水等の利水者である周辺の地方政府（Binh Phuoc 省、Tay Ninh 省、Binh Duong 省、Long An 省）との協議が必要となる。特に Dau Tieng 貯水池の南西に位置する Tay Ninh 省及び Long An 省は農業が盛んな地域であり、塩水遡上の防止の観点からも、現在の水量の確保は必要であることから、当該関係機関との協議は重要となる。

水量面からは、今回の新規水源開発量（取水量 99 万 m³/day \div 11.5m³/s）が貯水池の水位変動（HWL～LWL）に与える影響は、約 0.4～0.9cm/day の水位低下である。この

水位低下による影響は以下の点から問題なくと判断できることから、今回の新規水源開発量の付与は可能と考える。

- 乾期（180日間）において1m程度の水位低下が見込まれるが、管理事務所へのヒアリングにおいて、現状の運用面でも余裕があり、問題ないとの回答を得ている。
- アジア開発銀行からの支援による Phuoc Hoa Water Resources Project により、新規開発水量（55m³/s）を Dau Tieng 貯水池へ導水する計画がある。
- Phuoc Hoa 貯水池も MARD が管理することとなっており、水系として、より効率的な運用が可能となる。

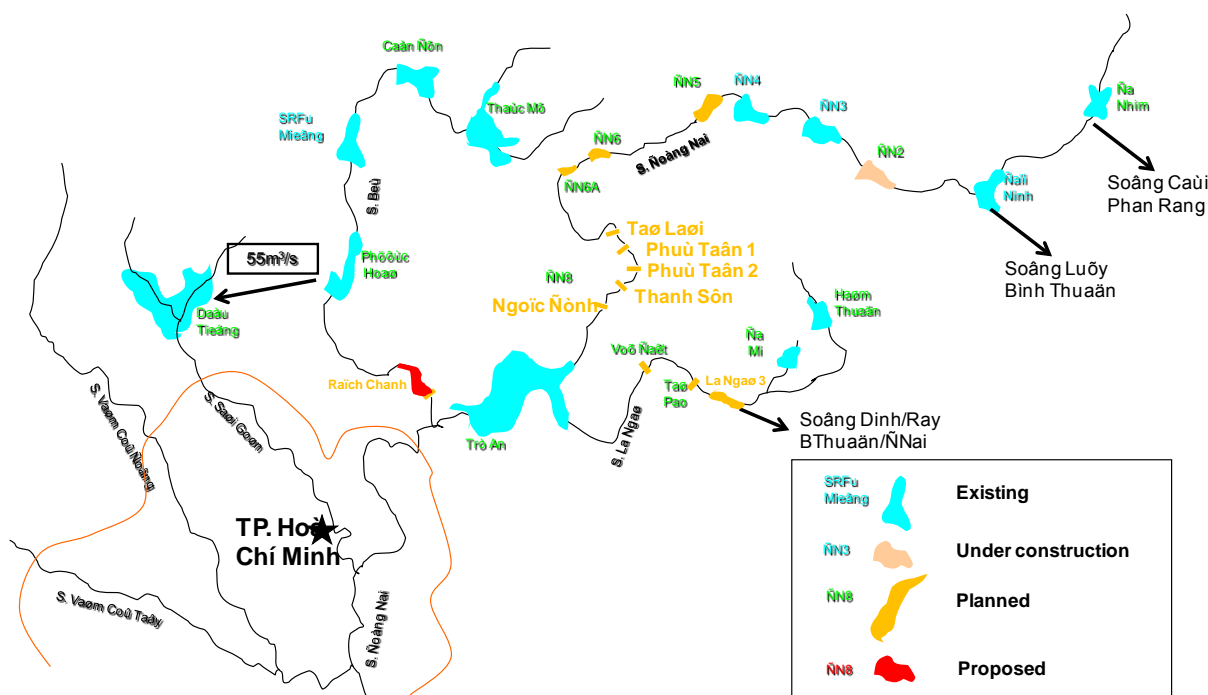


図 1-3-14 Dong Nai - Sai Gon 流域における水資源開発計画
<提供元：Southern Institute for Water Resources Planning>

その他関連事項として、SAWACO は、現在 Sai Gon 川における塩水遡上防止のため、河川放流の増量に対する費用負担を行っているとのことであるが、Dau Tieng 貯水池からの直接取水により、この経費については不要となることが考えられる。

1-3-5 水質分析

本調査の水源水質調査については、両貯水池に関して入手できる既存情報だけでなく、水源水質の概況の把握のために水質調査を実施することとした。

水質調査においては、特に、閉鎖性水域である貯水池で想定される藻類の発生や富栄養化現象の状況確認などを行うこととした。

調査の実施に当たっては、SAWACO との協議をふまえて採水場所、実施回数、検査

項目を決定した。

なお、調査流域において重金属類等はほとんど検出されていないものの、Dau Tieng 貯水池での既存資料の入手状況等やベトナムにおける地表水の水質環境基準 (QCVN08:2008/BTNMT) を考慮して、第 2 回目の調査においては、重金属類等を検査項目に追加することとした。

- 採水場所 : Dau Tieng 貯水池 2 ヶ所 (取水候補地点)
Tri An 貯水池 2 ヶ所 (取水候補地点)
- 採水日時 : 2012 年 10 月 (雨期)
2013 年 3 月 (乾期)
- 検査項目 : 32 項目 (第 1 回調査)、45 項目 (第 2 回調査)

表 1-3-12 水源水質調査条件

Tri An Lake

	Rainy season	Dry season
Date	18/10/2012	11/03/2013
Time	11:00~11:45	10:00~10:45
Wether	Fine	Fine
Water level	+ 62.0m	+ 58.8m

Dau Tieng Lake

	Rainy season	Dry season
Date	19/10/2012	12/03/2013
Time	11:50~12:50	10:40~12:00
Wether	Fine	Fine
Water level	+ 24.2m	+ 22.4m

表 1-3-13 水源水質調查結果 (Tri An)

No.	Specification	Unit	18/10/2012		11/03/2013		QCVN 08:2008/BTNMT	
			No.1	No.2	No.1	No.2	A2	B1
1	Air temperature	°C	31.5	31.0	33.4	33.8		
2	Water temperature	°C	28.8	29.5	30.9	30.6		
3	Transparency	m	< 1	< 1	< 1	< 1		
4	Total bacterias	MPN/mL	2.4x10 ⁴	4.6x10 ⁴	9.3x10 ³	7.9x10 ³		
5	E.coli	MPN/100mL	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	50	100
6	Chloride(Cl ⁻)	mg/L	9	8	8	8	400	600
7	Total Organic Carbon (TOC)	mg/L	3.69	4.44	6.67	6.15		
8	pH	-	7.25	7.37	6.97	7.05	6.0 - 8.5	5.5 - 9.0
9	Turbidity	NTU	10.4	7.7	4.8	5.1		
10	Color	TCU	15	15	10	10		
11	COD	mg/L	27.8	24.3	16.0	15.0	15	30
12	Total coliform	MPN/100mL	2.3x10 ¹	9.0x10 ¹	2.3x10 ¹	2.1x10 ³	5,000	7,500
13	Electric conductivity	µS/cm	36.7	36.1	46.0	47.0		
14	Suspended Solid (SS)	mg/L	10	8	7	6	30	50
15	Alkalinity	mg/L	12	12	18	18		
16	Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	5.4	5.5	5.6	5.7	> 5	> 4
17	BOD5 (20°C)	mg/L	8.0	8.5	8.0	9.0	6	15
18	UV absorption (E260)	-	N.D.	0.091	0.763	0.513		
19	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	18.5	18.5	22.8	23.4		
20	Ammonia (NH ₄ ⁺) (as N)	mg/L	0.75	0.47	0.48	0.50	0.2	0.5
21	Nitrite (NO ₂ ⁻) (as N)	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04
22	Nitrate (NO ₃ ⁻) (as N)	mg/L	0.1	0.2	0.1	0.1	5	10
23	T-N	mg/L	2.2	2.2	3.8	3.5		
24	Dissolved Organic Carbon (DOC)	mg/L	3.60	4.07	5.99	3.60		
25	Phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.15	0.10	0.27	0.26	0.2	0.3
26	T-P	mg/L	0.07	0.06	0.09	0.08		
27	Biological ZooPlankton	Count/m ³	13,000	80,000	2,000	1,000		
28	Biological PhytoPlankton	Count/L	61,339	79,108	94,972	75,913		
29	Iron (Fe)	mg/L	0.60	0.58	0.30	0.40	1	1.5
30	Manganese (Mn)	mg/L	0.010	0.010	0.005	0.005		
31	Anionic surfactant	mg/L	N.D.	N.D.	0.23	0.14	0.2	0.4
32	Odor	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		
33	Floride (F)	mg/L			N.D.	N.D.	1.5	1.5
34	Cyanide (CN ⁻)	mg/L			N.D.	N.D.	0.01	0.02
35	Arsenic (As)	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.05
36	Cadmium (Cd)	mg/L			N.D.	N.D.	0.005	0.01
37	Lead (Pb)	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.05
38	Chromium VI (Cr ⁶⁺)	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.04
39	Copper (Cu)	mg/L			N.D.	N.D.	0.2	0.5
40	Zinc (Zn)	mg/L			N.D.	N.D.	1	1.5
41	Nickel (Ni)	mg/L			N.D.	N.D.	0.1	0.1
42	Mercury (Hg)	mg/L			N.D.	N.D.	0.001	0.001
43	Total oil and grease	mg/L			0.037	N.D.	0.02	0.1
44	Total phenol	mg/L			N.D.	N.D.	0.005	0.01
45	Potassium permanganate (KMnO ₄)	mg/L			1.2	1.2		

No.	Taxon	18/10/2012		11/03/2013		
		No.1	No.2	No.1	No.2	
CYANOPHYTA (藍藻類)						
1	<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst, 1863	117	4,480	500	880	
2	<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet & Flauhault, 1886	213	4,427			
3	<i>Anabaena</i> sp.	5,067	4,533			
4	<i>Anabaena</i> sp1.			580	2,184	
5	<i>Anabaena</i> sp2.			648	2,728	
6	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West et G.S.West, 1912	8,533	4,800			
7	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Naegeli, 1849			200		
8	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	10,400	18,400	11,400	8,100	
9	<i>Microcystis botrys</i> Teiling, 1942	4,000	3,200	3,000	1,300	
10	<i>Microcystis flos - aquae</i> (Wittrock) Kirchner, 1898		6,933			
11	<i>Microcystis protocystis</i> Crow, 1923			600	3,800	
12	<i>Microcystis wesenbergii</i> Komárek, 1968	15,467	16,160	1,940	2,700	
13	<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh et Gomont, 1892	128	640			
14	<i>Oscillatoria perornata</i> Skuja, 1949			2,686	429	
15	<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gamont, 1892			1,800	2,000	
16	<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe, 1964	1,600	1,333	600	1,000	
17	<i>Stigonema ocellatum</i> ((Dillwyn) Thuret ex Bornet & Flauhault, 1886		1,280	2,000	200	
CHLOROPHYTA (緑藻類)						
18	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs, 1848	16				
19	<i>Cosmarium contractum</i> O.Kirchner, 1878	32	139	4,212	2,700	
20	<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex Ralfs, 1848		48			
21	<i>Cosmarium moniliforme</i> Ralfs, 1848	144	421	180	300	
22	<i>Cosmarium obsoletum</i> (Hantzsch) Reinsch			2		
23	<i>Cosmarium tinctum</i> Ralfs, 1848		91			
24	<i>Cosmarium</i> sp.	11	133	288	234	
25	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg, 1844			18	6	
26	<i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg, 1839				4	
27	<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg, 1841			18	8	
28	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood, 1872		267	2,356	2,796	
29	<i>Dictyosphaerium reniforme</i> Bulnheim, 1859				400	
30	<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg, 1832	128		48	72	
31	<i>Gonatozygon aculeatum</i> Hastings, 1892				2	
32	<i>Kirchneriella obesa</i> (W.West) Schmidle, 1893				40	
33	<i>Micrasterias tropica</i> Nordstedt, 1870		5			
34	<i>Oocystis borgei</i> J.Snow, 1903	85				
35	<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent, 1824			21		
36	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen, 1829	171		32		
37	<i>Pediastrum simplex</i>			64	48	
38	<i>Staurastrum arcticon</i> (Ehrenberg ex Ralfs) P.Lundell, 1871	533	592	28,080	13,716	
39	<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Schröder) G.M.Smith, 1924		91			
40	<i>Staurastrum dejectum</i> Brébisson, 1848	128	491	1,512	756	
41	<i>Staurastrum dickiei</i> Ralfs, 1848	69	544	756	4,536	
42	<i>Staurastrum freemaniae</i> West & G.S.West			54	18	
43	<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs, 1848	256	442	264	126	
44	<i>Staurastrum javanicum</i> (Nordstedt) W.B.Turner, 1893	75	107			
45	<i>Staurastrum limneticum</i> Schmidle			252	216	
46	<i>Staurastrum natator</i> W.West, 1892	149	155			
47	<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs, 1848	16	32			
48	<i>Staurastrum pinatum</i>			72		
49	<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve, 1864		11			
50	<i>Staurastrum wildemanii</i> Gutwinski	11	58	5		
51	<i>Staurastrum</i> sp.	405	1,280			
52	<i>Staurastrum</i> sp1.			20,304	14,364	
53	<i>Staurastrum</i> sp2.			216	54	
54	<i>Stauroidesmus convergens</i> (Ehrenberg ex Ralfs) S.Lilleroth, 1950			90		
55	<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> var. <i>curvatus</i> (West) Teiling, 1967			126	36	
56	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff, 1986				4	
57	<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg, 1832	2,667	1,600			
BACILLARIOPHYTA (珪藻類)						
58	<i>Melosira granulata</i> (Ehr.) Ralfs, 1861	10,901	6,325	9,928	10,020	
59	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) W.Smith 1852				2	
60	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852				2	
61	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg, 1832			2		
DINOPHYTA (渦鞭毛藻類)						
62	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin, 1841	16	91	106	90	
63	<i>Peridinium cinctum</i> (O.F.Müller) Ehrenberg, 1832			2	6	
64	<i>Peridinium</i> sp.				36	
Total of species		1-27	28	32	37	39
Total quantity cells/liter			61,339	79,108	94,972	75,913

No	Scientific Name	18/10/2012		11/03/2013	
		No.1	No.2	No.1	No.2
	Phylum Rotifera (輪虫綱)				
	Class Monogononta (単性亜綱)				
	Family Conochilidae (テマリワムシ科)				
1	<i>Conochiloides dossuarius</i> Hudson, 1885		30,000		
	Phylum Amoebozoa (根足虫綱)				
	Class Lobosa (葉状根足亜綱)				
	Order Arcellinida (有殻葉状根足虫目)				
	Family Centropyxidae (フセツボカムリ科)				
2	<i>Centropyxis aculeata</i> Stein, 1859				500
	Phylum Arthropoda (節足動物門)				
	Class Branchiopoda (鰓脚亜綱)				
	Order Cladocera (枝角目)				
	Family Chydoridae (マルミジンコ科)				
3	<i>Chydorus sphaericus sphaericus</i> O.F. Müller, 1785		1,500		
	Family Daphniidae (ミジンコ科)				
4	<i>Ceriodaphnia rigaudi</i> Richard, 1894	4,000	30,000		
5	<i>Simocephalus elizabethae</i> King, 1853	6,500	14,000	500	
	Class Copepoda (橈脚亜綱)				
	Order Cyclopoida (キクロプス目)				
	Family Cyclopidae (キクロプス科)				
6	<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus, 1857	500	500		
7	<i>Tropocyclops prasinus</i> Fischer, 1860		3,000	1,000	
	Order Calanoida (カラヌス目)				
	Family Diaptomidae (ディアプトムス科)				
8	<i>Allodiaptomus gladiolus</i> Shen & Lee, 1963		500		
9	<i>Pseudodiaptomus incisus</i> Shen & Lee, 1963				500
	Larva (幼生生物)				
10	<i>Bivalvia larva</i>	500			
11	<i>Copepoda nauplius</i>	1,500	500	500	
	Total of species	5	8	3	2
	Total ind./m³	13,000	80,000	2,000	1,000

表 1-3-14 水源水質調查結果 (Dau Tieng 貯水池)

No.	Specification	Unit	19/10/2012		12/03/2013		QCVN 08:2008/BTNMT	
			No.1	No.2	No.1	No.2	A2	B1
1	Air temperature	°C	34.8	35.0	34.8	34.9		
2	Water temperature	°C	30.7	31.2	30.4	30.6		
3	Transparency	m	< 1	< 1	< 1	< 1		
4	Total bacterias	MPN/mL	3.1x10 ³	4.0x10 ³	4.3x10 ³	4.9x10 ³		
5	E.coli	MPN/100mL	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	50	100
6	Chloride(Cl ⁻)	mg/L	10	10	14	14	400	600
7	Total Organic Carbon (TOC)	mg/L	5.40	5.40	6.23	6.10		
8	pH	-	6.89	6.95	6.95	6.90	6.0 - 8.5	5.5 - 9.0
9	Turbidity	NTU	9.5	9.8	5.8	6.2		
10	Color	TCU	15	15	10	10		
11	COD	mg/L	17.4	20.9	16.0	12.0	15	30
12	Total coliform	MPN/100mL	9.3x10 ¹	4.3x10 ³	9.0x10 ¹	9.0x10 ¹	5,000	7,500
13	Electric conductivity	µS/cm	37.8	39.5	40.0	37.0		
14	Suspended Solid (SS)	mg/L	9	10	6	7	30	50
15	Alkalinity	mg/L	16	16	16	16		
16	Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	5.6	5.6	5.8	5.8	> 5	> 4
17	BOD5 (20°C)	mg/L	7.0	8.0	10.0	8.0	6	15
18	UV absorption (E260)	-	0.117	0.114	0.056	0.102		
19	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	18.6	20.0	19.5	18.7		
20	Ammonia (NH ₄ ⁺) (as N)	mg/L	0.45	0.41	0.67	0.64	0.2	0.5
21	Nitrite (NO ₂ ⁻) (as N)	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04
22	Nitrate (NO ₃ ⁻) (as N)	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	5	10
23	T-N	mg/L	1.8	1.9	6.1	6.1		
24	Dissolved Organic Carbon (DOC)	mg/L	4.60	4.60	5.38	5.45		
25	Phosphate (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.10	0.10	0.35	0.28	0.2	0.3
26	T-P	mg/L	0.04	0.05	0.11	0.09		
27	Biological ZooPlankton	Count/m ³	82,000	136,000	4,500	5,000		
28	Biological PhytoPlankton	Count/L	40,009	51,461	51,824	68,852		
29	Iron (Fe)	mg/L	0.50	0.55	0.30	0.30	1	1.5
30	Manganese (Mn)	mg/L	0.015	0.014	0.010	0.010		
31	Anionic surfactant	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.2	0.4
32	Odor	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		
33	Fluoride (F)	mg/L			N.D.	0.11	1.5	1.5
34	Cyanide (CN ⁻)	mg/L			N.D.	N.D.	0.01	0.02
35	Arsenic (As)	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.05
36	Cadmium (Cd)	mg/L			N.D.	N.D.	0.005	0.01
37	Lead (Pb)	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.05
38	Chromium VI (Cr ⁶⁺)	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.04
39	Copper (Cu)	mg/L			N.D.	N.D.	0.2	0.5
40	Zinc (Zn)	mg/L			0.02	N.D.	1	1.5
41	Nickel (Ni)	mg/L			N.D.	N.D.	0.1	0.1
42	Mercury (Hg)	mg/L			N.D.	N.D.	0.001	0.001
43	Total oil and grease	mg/L			N.D.	N.D.	0.02	0.1
44	Total phenol	mg/L			0.0001	N.D.	0.005	0.01
45	Potassium permanganate (KMnO ₄)	mg/L			1.4	1.4		

No.	Taxon	19/10/2012		12/03/2013	
		No.1	No.2	No.1	No.2
CYANOPHYTA (藍藻類)					
1	<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst, 1863	123	240		
2	<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet & Flauhault, 1886	11,381	15,387		
3	<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn, 1895	267	507		
4	<i>Anabaena viguieri</i> Denis et Frémy, 1923		261		
5	<i>Anabaena</i> sp.	2,725	1,333	92	40
6	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West et G.S.West, 1912	1,867	1,867		
7	<i>Athrospira</i> sp.				400
8	<i>Chroococcus</i> sp.			3,140	4,760
9	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Naegeli, 1849			4,400	2,400
10	<i>Merismopedia marssonii</i> Lemmermann, 1900			1,216	4,448
11	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	8,293	13,013	12,100	9,800
12	<i>Microcystis botrys</i> Teiling, 1942	2,000	560	4,300	2,800
13	<i>Microcystis flos - aquae</i> (Wittrock) Kirchner, 1898	3,200	6,667	2,800	4,636
14	<i>Microcystis protocystis</i> Crow, 1923	800	1,200		
15	<i>Microcystis wesenbergii</i> Komárek, 1968	533	267	1,600	400
16	<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh et Gomont, 1892		320		96
17	<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe, 1964	560	267	700	1,000
18	<i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja, 1938	457	229		
19	<i>Stigonema ocellatum</i> (Dillwyn) Thuret ex Bornet & Flauhault, 1886	213			
CHRYSTOPHYTA (黃綠色藻類)					
20	<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof, 1890			2	
21	<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg, 1834	61	152	30	856
22	<i>Mallomonas</i> sp1.			4	16
23	<i>Mallomonas</i> sp2.			16	16
24	<i>Synura adamsii</i> G.M.Smith, 1924				12
CHLOROPHYTA (綠藻類)					
25	<i>Actinastrum hantzchii</i> Lagerh., 1882	21			
26	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs, 1848		24	2	
27	<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korshikov, 1953				240
28	<i>Chlamydomonas</i> sp.			12	4
29	<i>Chlorella</i> sp.			20	96
30	<i>Coelastrum reticulatum</i> (P.A.Dangeard) Senn, 1899			32	256
31	<i>Cosmarium contractum</i> O.Kirchner, 1878	43	53	156	472
32	<i>Cosmarium moniliforme</i> Ralfs, 1848	288	731	218	380
33	<i>Cosmarium portianum</i> Archer, 1860	8	32		
34	<i>Cosmarium stigmatosum</i> (Nordstedt) Krieger, 1932			10	12
35	<i>Cosmarium</i> sp.	11	5		12
36	<i>Coscinodiscus subtilis</i> Ehrenberg, 1841			2	
37	<i>Desmidium baileyi</i> (Ralfs) Nordstedt, 1880			812	1,496
38	<i>Dimorphococcus lunatus</i> A.Braun, 1855			120	760
39	<i>Dicystosphaerium reniforme</i> Bulnheim, 1859			560	3,800
40	<i>Dicystosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood, 1872	341	800	3,848	6,544
41	<i>Euastrum binale</i> (Turpin) Ehrenberg ex Ralfs, 1848		3		
42	<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg, 1832	464	299	48	
43	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat, 1894				12
44	<i>Gonatozygon aculeatum</i> Hastings, 1892			2	4
45	<i>Hyalotheca dissiliens</i> Brébisson ex Ralfs, 1848				400
46	<i>Kirchneriella obesa</i> (W.West) Schmidle, 1893	64	336	920	560
47	<i>Micrasterias alata</i> G.C.Wallich, 1860				4
48	<i>Micrasterias furcata</i> C.Agardh ex Ralfs, 1848			2	
49	<i>Oocystis borgei</i> J.Snow, 1903	117	160	16	64
50	<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent, 1824	21			
51	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen, 1829	85		256	512
52	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen, 1829				32
53	<i>Schizomeris leibleinii</i> Kützing, 1843			40	
54	<i>Sphaeroszma excavata</i> Ralfs, 1848			908	1,040
55	<i>Sphaeroszma granulatum</i> J.Roy & Bisset, 1886			520	2,920
56	<i>Spirogyra ionia</i> Wade, 1949			168	
57	<i>Staurastrum arcticum</i> (Ehrenberg ex Ralfs) P.Lundell, 1871	11	19	384	288
58	<i>Staurastrum bigibbum</i> Skuja			2	
59	<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Schröder) G.M.Smith, 1924	8	16		
60	<i>Staurastrum defectum</i> Brébisson, 1848			10	24
61	<i>Staurastrum dickiei</i> Ralfs, 1848	5	16	12	48
62	<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs, 1848	93	136	36	60
63	<i>Staurastrum indentatum</i> (West & G.S.West) Teiling, 1967			12	12
64	<i>Staurastrum limneticum</i> Schmidle			26	20
65	<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs, 1848	35	29		
66	<i>Staurastrum pinnatum</i> W.B.Turner			4	8
67	<i>Staurastrum subsaltans</i> West & G.S.West			2	
68	<i>Staurastrum wildemanii</i> Gutwinski	5			
69	<i>Staurastrum</i> sp.	11	51		
70	<i>Staurastrum</i> sp1.			16	12
71	<i>Staurastrum</i> sp2.			94	156
72	<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg, 1832	2,667	3,200		
73	<i>Xanthidium sexmamillatum</i> West & G.S.West			10	4
74	<i>Xanthidium</i> sp.	11			
BACILLARIOPHYTA (珪藻類)					
75	<i>Eucampia</i> sp.	373	800		
76	<i>Gyrosigma</i> sp.			2	
77	<i>Melosira granulata</i> (Ehr.) Ralfs, 1861	2,789	2,419	11,868	16,672
78	<i>Pinnularia braunii</i> (Grunow) Cleve, 1895			2	
79	<i>Rhizosolenia longiseta</i> O. Zacharias, 1893	48	51	88	28
DINOPHYTA (渦鞭毛藻類)					
80	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin, 1841			40	60
81	<i>Peridinium cinctum</i> (O.F.Müller) Ehrenberg, 1832			38	16
82	<i>Peridinium gatunense</i> Nygaard, 1925			104	52
83	<i>Peridinium</i> sp.	8	13	2	92
Total of species		38	36	39	35
Total quantity cells/liter		40,009	51,461	21,390	36,832

No	Scientific Name	19/10/2012		12/03/2013	
		No.1	No.2	No.1	No.2
	Phylum Rotifera(輪虫綱)				
	Class Monogononta(単性亜綱)				
	Family Asplanchnidae(フクロワムシ科)				
1	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	7,500	1,000		
	Family Conochilidae(テマリワムシ科)				
2	<i>Conochiloides dossuarius</i> Hudson, 1885	50,000	99,000		
	Family Filiniidae(ミツウデワムシ科)				
3	<i>Filinia opoliensis</i> Zacharias, 1898		500		
	Family Hexathridae(ミジンコワムシ科)				
4	<i>Hexarthra mira</i> Hudson, 1871		500		
	Family Synchaetidae(ドロワムシ科)				
5	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	500			
	Phylum Amoebozoa(根足虫綱)				
	Class Lobosa(葉状根足亜綱)				
	Order Arcellinida(有殻葉状根足虫目)				
	Family Centropxyidae(ツボカムリ科)				
6	<i>Diffugia urceolata</i> Carter, 1864			500	
	Phylum Arthropoda(節足動物門)				
	Class Branchiopoda(鰓脚亜綱)				
	Order Cladocera(枝角目)				
	Family Bosminidae(ゾウミジンコ科)				
7	<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1897	9,500	2,500		500
8	<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller, 1785	2,500	5,000	500	1,000
	Family Daphniidae(ミジンコ科)				
9	<i>Ceriodaphnia rigaudi</i> Richard, 1894	500	3,000	1,000	
10	<i>Simocephalus elizabethae</i> King, 1853	1,000	5,000		1,000
	Family Moinidae(タマミジンコ科)				
11	<i>Moina macrocopa</i> Straus, 1820	1,000			
12	<i>Moinodaphnia macleayii</i> King, 1853		1,000		
	Family Sididae(シダ科)				
13	<i>Diaphanosoma sarsi</i> Richard, 1895	1,000			
	Class Copepoda(橈脚亜綱)				
	Order Cyclopoida(キクロプス目)				
	Family Cyclopidae(キクロプス科)				
14	<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus, 1857	500			
15	<i>Microcyclops varicans</i> Sars, 1863	500	500		
16	<i>Tropocyclops prasinus</i> Fischer, 1860	3,000	12,000	1,000	2,000
	Order Calanoida(カラヌス目)				
	Family Diaptomidae(ディアプトムス科)				
17	<i>Allodiaptomus Kiefer, 1936</i>			500	
18	<i>Neodiaptomus</i> sp.	3,000	4,500		
	Larva(幼生生物)				
19	<i>Bivalvia larva</i>	500			
20	<i>Copepoda nauplius</i>	1,000	1,500	1,000	500
	Total of species	15	13	6	5
	Total ind./m³	82,000	136,000	4,500	5,000

両貯水池の水質調査の結果より主な問題点は以下の様である。

- アンモニア態窒素

今回の調査結果及び既存資料に示される人為的な汚染などの指標であるアンモニア態窒素等の結果から、著しい汚染は見られないが、QCVN 08: 2008/BTNMT (A2 類型) の基準を満たさない状況であることを確認した。

- 溶存酸素 (DO)

今回の調査では両貯水池とも QCVN 08: 2008/BTNMT (A2 類型) を満たしており、Tri An 貯水池については既存資料からもその状況を確認した。一方で、滝沢らの報告によれば、Dau Tieng 貯水池の底層は、嫌気/無酸素状態になることがあるとされている。また Dong Nai 川に比べて Sai Gon 川の DO 値が低いことから、Dau Tieng 貯水池の方が Tri An 貯水池に比べて水質が良くない状況であることが予想される。

- 低 pH 化

pH 値については、今回の調査結果では両貯水池とも QCVN 08: 2008/BTNMT (A2 類型) を満たしている状況が確認できた。しかし、ベトナム南部低平地では酸性土壌により pH が低いとされ、湖底付近で嫌気/無酸素状態となった場合、低泥からの栄養塩やリン酸塩の浸出が進みやすくなる可能性は否定できないと考える。また底層での有機物の嫌気性分解により電気伝導率 (EC) も上昇する。

- 温度成層

熱帯地方の貯水池では、垂直方向の僅かな水温の変動があり、また 280 日以上 の滞留時間を有する場合は温度成層が形成される。Dau Tieng 貯水池では、表層と深層との水温差が最大 3℃程度生じ、温度成層が形成されている状況があると報告があり、こうした影響が水質状況の悪化に関与していると考えられる。一方で、Tri An 貯水池では滞留時間が非常に短い (約 0.17 年) 状況から、水質状況は安定していると考えられる。

- 富栄養化

ダムや湖沼などの閉鎖性水域では、生活排水や農畜産排水等の流入により水中の栄養塩類 (窒素化合物やリンなど) の濃度が上昇し、富栄養化状態となる。富栄養化した湖沼では浮遊性藻類が発生しやすく、水温や日射量などの特定の気象条件が重なると、藍藻類が増殖して水道水のかび臭の原因となる。

富栄養化の評価に関して、ベトナムでは総窒素 (T-N)、総リン (T-P) といった指標が設定されていない。例えば T-P に関する一般的な下限値 (0.020mg/l) によると、両貯水池の数値は上回っている状況にあるが、次の 2 つの理由から、富栄養化の段階を著しく進行させるものではないと考えられる。第 1 に、亜硝酸態窒素 (NO₂-N) や硝酸態窒素 (NO₃-N)、リン酸 (PO₄-P) の値が低く、QCVN 08: 2008/BTNMT (A2 類型)

を満たしている状況にある。第 2 に、富栄養湖に特有のアオコや藻類等の発生も見られていない。

これらの状況から判断すると、富栄養化の発生に対するポテンシャルの高さは認識できるが、浄水処理において問題のある状況ではない。

つけ加えると、栄養塩のほとんどは懸濁物質として存在している。もしそうであるならば、スラッジ処理における脱水性の低下や腐敗臭の発生などに注意が必要であるが、これらの成分の殆どは、通常の浄水処理過程（凝集沈殿処理）で簡単に除去される。

- **かび臭**

かび臭の原因藻類としては、藍藻類のアナベナやフォルミディウムなどがあるが、今回の調査結果からは、かび臭の発生が懸念される状況ではなく、臭気も問題なかった。

また、浄水処理において、珪藻類の増加（100～1,000 個体/ml）が見られると、砂ろ過池等でのろ過障害を生じることとなるが、こうした状況も見られなかった。

なお、次回の水質調査は、貯水池からの放流量が少なくなる乾期での調査となることから、当該調査結果をもとに考察を行う。

- **水質保全**

貯水池の水質保全のためには、産業活動や農業活動、水産養殖などの人為的発生源の低減が必要であり、将来にわたって水源水質を良好な状態に維持するため、排水等の規制システムの構築とその遵守に注視していく必要がある。

1-3-6 評価のまとめ

将来における Tri An 及び Dau Tieng の両貯水池からの直接取水については、既に HCMC P/C の決定事項とされている。本調査結果から、水量面、水質面に関するコメントを整理すると以下のとおりである。

- **水量面**

将来における水需要に対する水量の確保の観点から、Tri An 貯水池及び Dau Tieng 貯水池からの直接取水については、現時点では大きな問題はない。

しかしながら、Tri An 貯水池からの直接取水については、水力発電に影響を与えることとなるため、電力関係機関との協議が必要となる。他方、Dau Tieng 貯水池においても、Bei 川水系からの導水による $55\text{m}^3/\text{s}$ の水源開発が計画されているものの、将来の気候変動により、塩水遡上の状況が悪化すると、農業地域における塩害防止のために貯水池からの放流量を増やすことも考えられるため、注意が必要である。

その他、両貯水池からの直接導水については、両水系からの取水に関するステーク

ホルダとの調整に留意する必要がある。

● 水質面

Tri An 貯水池の水質は、QCVN08:2008/BTNMT (A2 類型) を満足しており良好である。また、将来的に貯水池水質に影響を与えるような、周辺の開発計画も現時点ではない。

Dau Tieng 貯水池については、周辺の農業、畜産排水流入の影響を受けて有機物による汚濁が見られ、QCVN08:2008/BTNMT (A2 類型) を満足していない水質項目がある。浄水処理で十分対応できるレベルである。浄水処理方法に関して、将来期待される水道水質への対応を考慮する必要があるが、水道水源としての利用は十分に可能である。

これらに対して、現在の河川取水を続ける場合は、河川水質の汚濁進行に加えて、塩水遡上の影響の進行が懸念される。特に Sai Gon 川の現在の取水点では、季節的な塩水遡上の影響が大きくなってきており、塩化物イオン濃度の上昇時には、SAWACO において、Dau Tieng 貯水池からの河川放流の増量に対する費用負担を行っている。

したがって、以下に述べる理由からも、将来における水源水質の動向も見極めたいうえで、比較的早期に Dau Tieng 貯水池からの直接導水計画を具体化する必要があると考えられる。

- SAWACO における現在の浄水処理では脱塩は不可能であり、脱塩施設の導入は高価であること
- 塩水遡上防止のための Dau Tieng 貯水池からの追加放流は、コストがかさむこと
- Sai Gon 川におけるアンモニア性窒素やマンガン等の値もすでに高く、現在の浄水処理の改良が必要であること
- 一方で、下水道整備や排水規制など水質保全施策の進展は、早期に期待できないこと

Dong Nai 川からの取水については、Sai Gon 川ほどの水質悪化影響は見られていないため、貯水池からの直接導水の必要性はまだあまり高くないものの、将来の水質動向を見極めるとともに、マスタープランに従って、直接導水の予備的な検討は行っておく必要があると考えられる。

1-4. 取水地点の検討

1-4-1 取水地点の選定条件

取水地点の検討にあたっては、現地踏査を行い、地形状況や周辺環境を把握するとともに、ボーリングや試掘等により、地質状況の把握が必要となる。本調査では当該調査の実施を想定しておらず、関係機関等からのヒアリング等により、既存資料の入

手・活用により検討した。

これらの情報をもとに、主として次の視点から、取水地点の選定を行った。

- 工事は可能かどうか
- 導水ルートは最短となるか
- 建設スペースは確保できるか
- 十分な取水水深を確保できるか
- 水質汚染源となる施設等は立地していないか

1-4-2 取水地点の選定

両貯水池は既に水源として活用されている。関係機関へのヒアリングによると、貯水池からの取水について、現行の下流側での取水においては大きな問題はない。水質状況については、過去のデータ等からは、地点による大きな差は見られていないことから、導水ルートが最短となることに力点を置き、貯水池の下流側から取水することを基本とした。

● Tri An 貯水池

選定条件をもとに取水候補地点として2か所を選定し、現地調査を実施した。

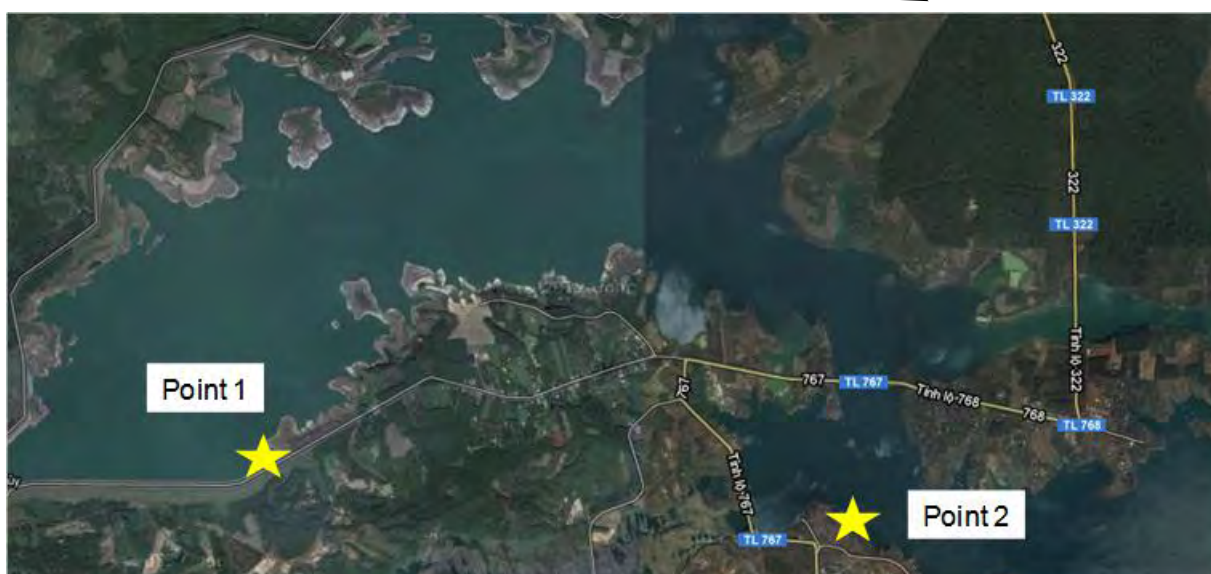


図 1-4-1 取水候補地点 (Tri An 貯水池)



Tri An Point-1



Tri An Point-2

図 1-4-2 取水候補地点 (Tri An 貯水池)

両地点の評価結果を示す。

表 1-4-1 取水候補地点の評価 (Tri An 貯水池)

	Point 1	Point 2
工事は可能か	△ 〔発電用施設の堤体にかかる可能性がある〕	○
導水ルートが最短か	△ 〔Dong Nai 川右岸に適切なルートがなく、左岸への河川横断を伴う〕	○
建設スペースの確保できるか	○	○
取水水深は確保できるか	○	○
水質汚染源等はないか	○	○
評価	△	○

上記評価表の結果から、工事の容易性、並びに導水ルートの柔軟性を考慮して、Point2 が候補地点として適当であると考えられる。

また、Point 1 における特記事項として、

- 工事においては、発電用施設の堤体にかかる可能性があること、
- 導水ルートにおいては、Dong Nai 川右岸に適切なルートがないため、左岸への河川横断を伴う必要があること

から、Point 2 よりも低い評価となり、導水ルートの検討を行わないこととした。

また、将来の発電利用を考慮し、発電利用後に取水することも検討したが、本調査では貯水池からの良質な原水の直接取水の可能性の検討を主目的としていること、また、発電施設からの放流口は海拔4～5m程しかなく、将来における海水遡上等の可能性が否定できないこともあることから、SAWACOとの協議により、今回の調査では取り扱わないことを確認した。

- **Dau Tieng 貯水池**

選定条件をもとに取水候補地点として2か所を選定し、現地調査を実施した。





Dau Tieng point-1



Dau Tieng point-2

図 1-4-3 取水候補地点（Dau Tieng 貯水池）

両地点の評価結果を示す。

表 1-4-2 取水候補地点の評価（Dau Tieng 貯水池）

	Point 1	Point 2
工事は可能か	○	○ 〔 堤体にかかる可能性がある 〕
導水ルートが最短か	○	○
建設スペースの確保できるか	○	○
取水水深は確保できるか	○	○
水質汚染源等はないか	○	○
評 価	○	○

Point 2 での取水においては、工事の際に堤体にかかる可能性はあるが、その他の項目に関しては両者には大きな差が見られないため、両地点を取水候補地点として選定し、取水施設及び導水ルート等の検討を行うこととを SAWACO と確認した。

1-5. 取水方式の検討

1-5-1 取水方式の比較検討

- 取水施設の方式（湖沼水の場合）

上記で選定した候補地点において取水方式を検討する。検討する方式は取水口方式、湖底取水管方式、取水塔＋管渠方式とする。以下、代表的な特徴を示す。

表 1-5-1 湖沼等を対象とした場合の取水方式

項目	取水方式		
	取水口方式	湖底取水管方式	取水塔+管渠方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・湖面の表層部分をカーテンウォールで仕切り下層の原水を湖岸近接で取水する方式（藻類等の発生が多くない場合は必要なし） ・湖岸の水深が深い場合に適用される。 ・大規模な護岸の土木工事が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・沖合の取水地点まで取水管を設置し取水する方式。 ・適切な水深が任意に設定でき、良好な水質の原水が得られる。 ・取水管埋設の湖底掘削工事が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・湖岸付近に設置する取水塔と湖底管渠など取水する方式。 ・比較的に水深が浅い所から取水できる場合に適用され、湖面に構造物（取水塔、管理橋など）を設置する必要がある、その構造、景観等に注意が必要
条件	<ul style="list-style-type: none"> ・波浪の影響が比較的小さい場合 ・取水量が大きい場合 ・前面の水深が十分とれる場合 ・大規模施設に用いられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・波浪の影響が比較的大きい場合に有利 ・湖底地形が遠浅の場合 	<ul style="list-style-type: none"> ・波浪の影響が大きい場合に有利 ・湖底地形はどちらも可能 ・地質が良好の場合
略図			
流入流速	$V=0.4\sim 0.8\text{m/s}$	$V=0.5\sim 1.0\text{ m/s}$	$V=1.0\sim 2.0\text{ m/s}$

● 取水方式選定に当たって考慮する項目

- 需要水量の10%程度増しとして計画取水量を定めること
- 将来に亘って水量変動・水位変動に対し、安定的に取水できること
- 将来に亘って機能が持続でき、維持管理が容易であること
- 目詰まり、砂などの巻き上げに対して、取水流速が適正であること

1-5-2 取水方式案の選定

● Tri An Lake

ア) 新規取水予定地点候補地点

前項取水地点の検討より、ポイント2:メインゲートの東側を取水地点として、取水方式の検討を行う。なお、候補地点はピンポイント的ではなく、周辺付近を含めた検討を行った。

- 取水施設建設に際し前面が開けており、建設スペースが確保できる
- 水深は前面で10m程度、中心部で15m程度あり、取水水深も確保できる。

イ) 取水方式

本計画における取水量は、2025年で約2,500,000 m³/dayとなる。

まず取水口方式であるが、取水口及び取水渠をコンクリートで施工するため、必要な形状を任意に形成できるので、取水量に伴う構造上の制約は発生しない。

一方で、取水塔+管渠方式、湖底取水管方式とも各々流入後後段へ管で連絡することになるため、取水量に伴う構造上の制約が発生する。例えば、取水量に対応して、取水管渠内平均流速を1.0m/sec程度とすると、約30m²の管断面積を必要となり、これを単管で整備するとするとその口径はD6.0m程度となり、現実的ではない。逆に現実的な管径であるD2.5m程度で試算すると、6本程度の配管布設にて対応可能となり、取水塔+管渠方式では取水塔から直接配管を布設できるので、採用は可能である。

しかしながら、湖底取水管方式は取水先端が湖中にあり、特に雨期においては水面から取水先端までの水深は15m近くになることから、日常点検などの維持管理が容易にできないという欠点がある。また、D6.0m(H=2.0m)の取水先端から配管を6本程度に分岐するのは、湖中工事が多くなり、構造上も複雑となり、現段階では採用は困難となる。

これより、管による取水塔方式とコンクリートによる渠形式の取水口方式の2方式が採用出来るが、本調査では地形・地質情報、測量図などを入手できておらず、詳細検討ができていない。また、概算事業費の面から大きな差がないことから、一つの方式に絞り込まず、現時点においてはこれら2方式を選定し、実施段階において実行可能性を評価し、方式を選定する。

なお、カーテンウォールについて、水質検査結果からプランクトンが少なく、表層取水でも問題がないこと、水位差が大きく構造的に設置が困難なことから、設置しない。

表 1-5-2 Tri An Lake 取水方式の比較

	取水口方式	湖底取水管方式	取水塔+管渠方式
取水開口形状	2.0m×24.0m	D6.0m×2.0m	2.0m×2.0m×8ヶ所
取水渠（管）	3.0m×(3.0m×3 連)	D2.5m×6 本	D2.5m×6 本
安定取水	LWL 以下で計画するため、形状・構造上の問題なし	LWL 以下で計画するため、形状・構造上の問題なし	LWL 以下で計画するため、形状・構造上の問題なし
目詰まり等	適正取水流速で計画するため問題なし	適正取水流速で計画するため問題なし	適正取水流速で計画するため問題なし
維持管理	堤体近くに設置するので保守点検が容易に行える	取水先端が湖中であり、保守点検などの維持管理が容易にできない短所があり、ダイバー等による保守点検となる。また、雨期においては水面から取水先端までの水深は 15m 近くになる。	堤体近くに設置し、かつ管理橋を設置することで保守点検が容易に行える

● **Dau Tieng Lake**

ア) 新規取水予定地点候補地点

前項取水地点の検討より、Point-1：メインゲートの北側、Point-2：東西堤体の西側（運河取水口付近）を取水地点として、取水方式の検討を行う。

なお、候補地点はピンポイント的ではなく、周辺付近を含めた検討を行った。

- Point-2 は堤体部に開口があるため堤体部の工事は難易度が高い。
- 同じく Point-2 は水深が浅く、緩勾配で傾斜しており十分な水深が取れない
- Point-1 は後背地に適当なスペースがあり、ポンプ設備等の設置は問題ない。

イ) 取水方式

本計画における取水量は、2025 年で約 1,000,000 m³/day（Kenh Dong WTP を除く）となる。

まず取水口方式であるが、取水口及び取水渠をコンクリートで施工するため、必要な形状を任意に形成できるので取水量に伴う構造上の制約はない。

一方で取水塔+取水管渠方式、湖底取水管方式では各々流入後後段へ管で連絡することになり、取水量の伴う構造上の制約の考慮が必要となる。今取水量に対し、取水管渠内平均流速を 1.0m/sec 程度とすると、約 12m² の管断面積を必要となるが、これを単管にて整備するとなると、その口径は D3.5m 程度となり、現実的ではない。逆に現実的な管径である、D2.5m 程度で試算すると、2 本程度の配管にて対応が可能とな

ることから、取水塔方式、取水管渠方式とも計画は可能である。

また、湖底取水管方式は取水先端が湖中にあり、特に雨期においては水面から取水先端までの水深は10m近くになる。また、D4.0m（H=1.2m）の取水先端から配管を2本に分岐するのは、可能であるが、湖中工事が多くなり、構造上も複雑となり、現段階では日常点検などの維持管理が容易にできない短所があり、採用は困難となる。

これより、管による取水塔方式とコンクリートによる渠形式の取水口方式の2方式が採用出来るが、本調査では地形・地質情報、測量図などを入手できておらず、詳細検討ができていない。また、概算事業費の面から大きな差がないことから、一つの方式に絞り込まず、現時点においてはこれら2方式を選定し、実施段階において実行可能性を評価し、方式を選定する。

なお、カーテンウォールについて、水質検査結果からプランクトンが少なく、表層取水でも問題がないこと、水位差が大きく構造的に設置が困難なことから、設置しない。

表 1-5-3 Dau Tieng Lake 取水方式の比較

	取水口方式	湖底取水管方式	取水塔+管渠方式
取水開口形状	2.0m×10.0m	D4.0m×1.2m	2.0m×2.0m×8ヶ所
取水渠（管）	2.0m×(3.0m×2連)	D2.5m×2本	D2.5m×2本
安定取水	LWL以下で計画するため、形状・構造上の問題なし	LWL以下で計画するため、形状・構造上の問題なし	LWL以下で計画するため、形状・構造上の問題なし
目詰まり等	適正取水流速で計画するため問題なし	適正取水流速で計画するため問題なし	適正取水流速で計画するため問題なし
維持管理	堤体近くに設置するので保守点検が容易に行える	取水先端が湖中にあり、保守点検などの維持管理が容易にできない短所があり、ダイバー等による保守点検となる。また、雨期においては水面から取水先端までの水深は10m近くになる。	堤体近くに設置し、かつ管理橋を設置することで保守点検が容易に行える

1-6. 導水ルートを選定

ルート選定における調査精度は、縮尺1/50,000程度の地形図に基づく調査とし、事業規模や実施上の制約条件が把握できる程度のレベルとする。よって詳細調査までは行わないので、提案するルートに対し、河川横断、軌道横断、道路横断箇所をルート

図に明記し、小河川、水路等については箇所数の記述に留める。また、住宅状況、道路状況、交通状況に関しては、調査中の概観と SAWACO の意見をもとにその状況を比較表に記述する。

1-6-1 ルート検討上考慮すべき水位諸元

	Dau Tieng – Sai Gon – Hoa Phu – Tan Hiep	Tri An – Dong Nai – Hoa An – Thu Duc	Remark
	Dau Tieng Lake	Tri An lake	
HHWL	+25.1m	+63.9m	
HWL	+24.4m	+62.0m	
LWL	+17.0m	+50.0m	計画取水水位
	Hoa Phu P/S	Hoa An P/S	
HWL	+0.8m	+2.4m	
LWL	-1.9m	-1.3m	
	Tan Hiep WTP	Thu Duc WTP	
HWL	+16.6m	+30.5m	WTP 着水井水位

1-6-2 ルート案の作成

- 導水方式、管種及びルート選定に当たって考慮する項目

ア) ルート選定

- 最短ルートの選定（建設費及び摩擦損失水頭の最小化）
- 可能な限り自然流下方式
- 公共ルートの活用
- 既存施設の活用（取水設備、導水管）

イ) 導水方式、管種選定に必要な項目

- 適正な流速（3m/sec 以下）
- 経済的な導水施設材料の選定
- 将来に亘って機能が持続でき、維持管理が容易であること
- 接合井、空気弁、排水弁の適正な配置
- 水圧を小さくするための考慮→管種選定（低圧管の採用）

上記の項目及び住宅状況、道路状況、河川・軌道横断等を考慮し、案を作成する。

● 導水管の本数、口径

ルート検討に先立ち、各ルートにて必要となる配管径、並びに本数について検討を行った。各導水量に対し、必要な本数、口径は以下のとおりとなる。

一方で、管内平均流速は 3.0m/sec 以下が望ましいことから、本計画では 2.7m/sec 程度で設定するが、ケースにより導水勾配を考慮した口径とする。なお、C Value は 110 とする。

ア) Tri An Lake～Thu Duc WTP

Q=2,475,000 m³/day

- 1 本の場合：D3,700mm V=2.7m/sec I=1.51‰（非開削工法）
- 2 本の場合：D2,600mm V=2.7m/sec I=2.34‰（掘削底幅：約 8.0m）
- 3 本の場合：D2,200mm V=2.5m/sec I=2.49‰（掘削底幅：約 10.0m）

イ) Dau Tieng Lake～Tan Hiep WTP

Q=990,000 m³/day

- 1 本の場合：D2,400mm V=2.5m/sec I=2.29‰（掘削底幅：約 3.5m）
- 2 本の場合：D1,800mm V=2.3m/sec I=2.57‰（掘削底幅：約 6.5m）

● 導水ルート案

まず導水ルート案検討に当たり、全体共通事項について、以下記述する。

両浄水場ともホーチミン市中心地の約 10km 北部に位置し、郊外に位置付けられ、浄水場から水源地向かっても Bien Hoa の市街地を除いて、殆どの地域で同じく郊外と位置付けられる。ルート全般の状況は、市街地である Bien Hoa において片側 2～3 車線の道路で構成されており、バイク道路、歩道も確保できている。

郊外においては、片側 1～2 車線で同じく歩道が確保されている。部分的に片側 1 車線の区間もあるが、国の規則で、住宅建設に関して、将来の道路拡張を考慮し、15～20m 程度セットバックしなければ、許可が下りないとなっている。全般的にスペースが確保されており、配管布設に関し好条件となっている。

また本計画において取水場から浄水場への導水ルート検討に当たり大きな要素となるものとして、既存の設備活用、すなわち既存の取水設備から浄水場間の導水管路を活用したルート案の検討が大きなテーマとなる。このことから、既存取水場・導水管専用管理道路の有効利用を図る既存取水場付近を経由する案と、取水場から浄水場まで直接導水し既存取水場を経由しない案、そして最短距離となる直線ルート案大きく三つの案が出てくることになる。この場合、既存取水場付近から浄水場までの区間に関しては、将来計画を考慮し専用管理道路が準備されていることから、出来るだけ専用管理道路を利用することを視野に入れる

ア) Tri An Lake ～ Thu Duc WTP ルート

Thu Duc WTP は HCMC 中心地の北東部に位置し、水源は WTP の北東約 40km に位置している。Bien Hoa の市街地を除き大半が郊外に位置づけられる。

前項記載の通り、大きくは既存の取水地点を経由しない案と経由する案、さらに直線ルート案の三つが検討対象となる。また取水地点を経由する案に対してさらに、公共の道路、河川などのルート活用を想定すると、取水地点から取水場付近に至るルートは大きく二つが検討対象となる。その一つは、TL767、QL1A を主体に通るルート案であり、もう一つは TL768 を主体に通るルート案となる。当然のことながら、Hoa An 既存取水場付近から浄水場までは、できるだけ専用管理道路を利用することを考慮する。

一方で、自然流下を考慮したルート検討を行う場合、道路縦断勾配が重要となるが、いずれのルートにおいても全般的にアップダウンがあり、TL767、QL1A を主体に通るルートは特に大きな影響がある。さらに部分的に Tri An Lake より標高の高い部分もあるので、適正なポンプ施設、空気弁、排水弁を配置しなければならない。



Buu Long area

➤ 道路に関して

本ルートにおける施設規模は大容量導水のため D2,600mm を 2 本が必要となる。D2,600mm を 2 本併設するには、施工時の掘削底幅は約 8.0m 程度となり、車線に換算すると 2 車線程度となる。

このため、配管布設スペース及び施工時における建設機械等の施工動線についても、十分広さが確保できることを確認して、ルート案を吟味することが必要となる。

当該地域の大半において、住宅建築は将来の道路拡幅を考慮して、現在の道路端から概略 10～15m くらい控えなければ許可が下りないことになっている。電柱等についても同様な措置がとられており、配管布設に関し十分な広さを有していると評価できる。

しかし、Bien Hoa の東西道路の一部分に 1.5 車線の区間があり、この区間に関しては片側通行、車線規制等を考慮した工法の検討が必要になる。



Tan Bien～H0 Nai 付近の片側 1.5 車線

セットバックの状況（車道から約 10m）

➤ 河川横断に関して

どのルートに対しても Dong Nai 川の横断は必須となる。川幅は特に広くはないが、Buu Long（Dong Nai 川左岸）付近は住宅が集合しており、道路幅も狭いため、住宅地を含めた横断工法を検討すべきで、大規模工事が予想される。

一方で、Dong Nai 川を除き小河川は、10ヶ所程度存在するが、殆どが伏越しかパイプビームで対応できる。Dong Nai 川に関しては、非開削工法か水管橋が必要となる。これらに関し、河川協議を含め、今後の詳細調査が必要である。

➤ 住宅状況に関して

殆どの住宅が道路拡張を確保した後方に建てられており、工事に際しての支障は特に見当たらない。

最終的には、上記を踏まえた各ルート案、並びに評価方法を踏まえつつもルートを選定過程で、中継ポンプ場の位置、ポンプの諸元等を考慮して、可否を検討する。

イ) Dau Tieng Lake ～ Tan Hiep WTP ルート

Tan Hiep WTP は HCMC 中心地の北西部に位置し、水源は WTP の北西約 50km に位置している。市街地が少なく大半が郊外に位置づけられる。取水地点から浄水場に至るルートは、まず公共ルートの活用をベースに、Sai Gon 川に沿って南下するルート案と East Canal 沿いを通り、Trung Lap 付近から Hoa Phu 向かうルート案の二つが検討対象となり、これに直線ルートを合わせ大きくは三つが検討対象となる。なお Hoa Phu から浄水場までのルートについては、既存の管理道路を利用することを考慮する。

次に自然流下の考慮についてであるが、水源地から殆ど平坦であることから、道路縦断勾配は若干の高低はあることから、

運河沿いのルートが選択肢の一つとなる。この場合、次の通り運河の運用規定について、建設、並びに運用時に考慮することが必要となる。

- ◇ 運河が浚渫等の維持管理のため、毎年1ヶ月間くらい使用停止される。Kenh Dong WTP に関しては取水が出来ない期間に対応するため、約1,000,000m³容量の原水調整池を建設中である。
- ◇ 運河内に配管を布設することについては、水路断面を縮小することになるので、困難である。

これより、運河内（堤外地）配管も困難であることから、運河沿いルートの場合には堤体部分の範囲外の布設とする。

➤ 道路に関して

本ルートにおける施設規模は大容量導水のためD2,400mmが必要となる。D2,400mmを布設するには、施工時の掘削底幅は3.5m程度となり、車線に換算すると1車線程度となる。このためルート案においては、十分広さが確保できることを確認して立案する必要がある。

比較案においては、施設の複数化を考慮し、D1,650mmを2本併設のケースも加えて比較する。

当該地域の大半において、住宅建築は将来の道路拡幅を考慮して、現在の道路端から概略10m～20m程度控えなければ許可が下りないことになっている。電柱等についても同様な措置がとられており、配管布設に関し十分な広さを有していると評価できる。

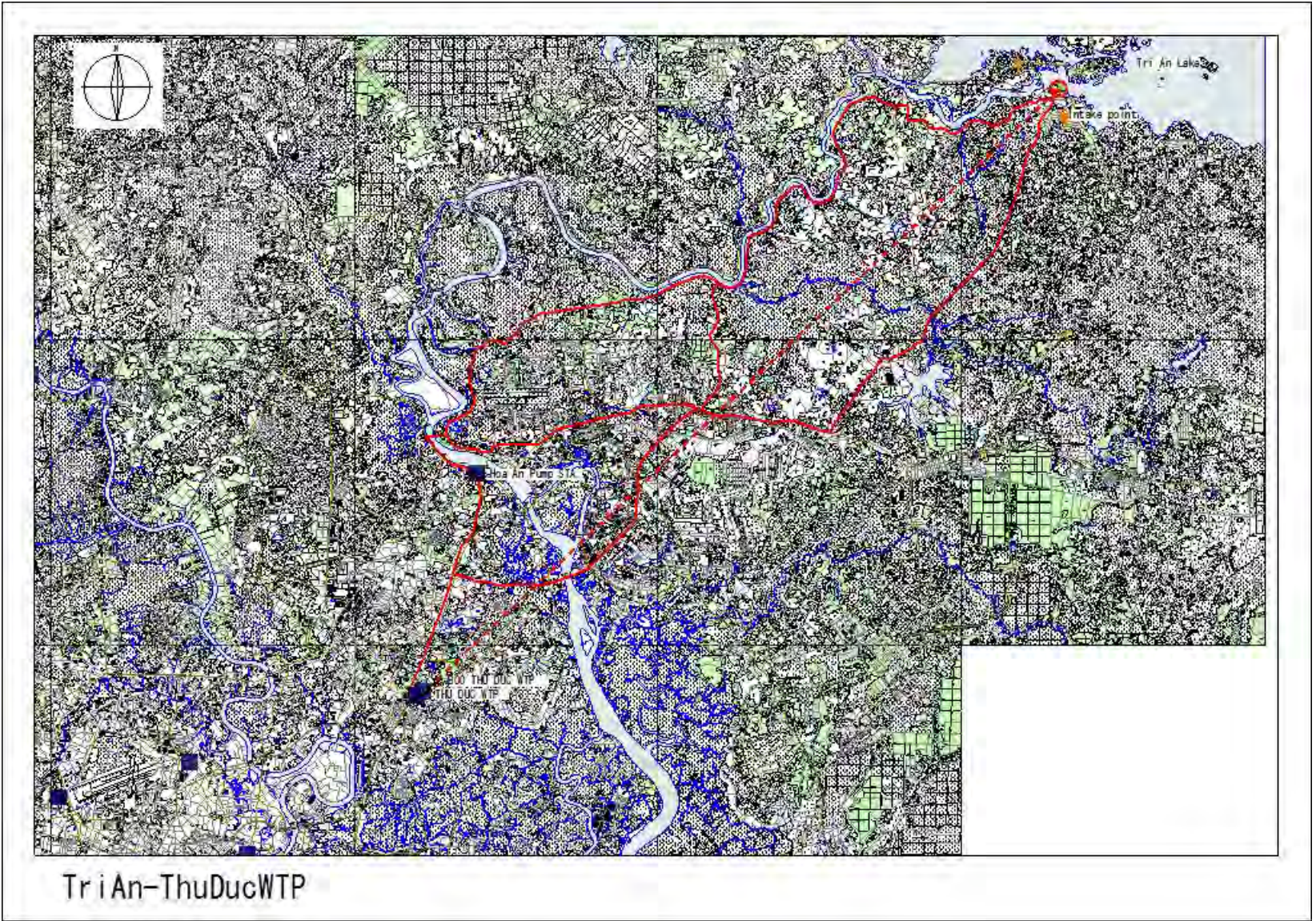
➤ 河川横断に関して

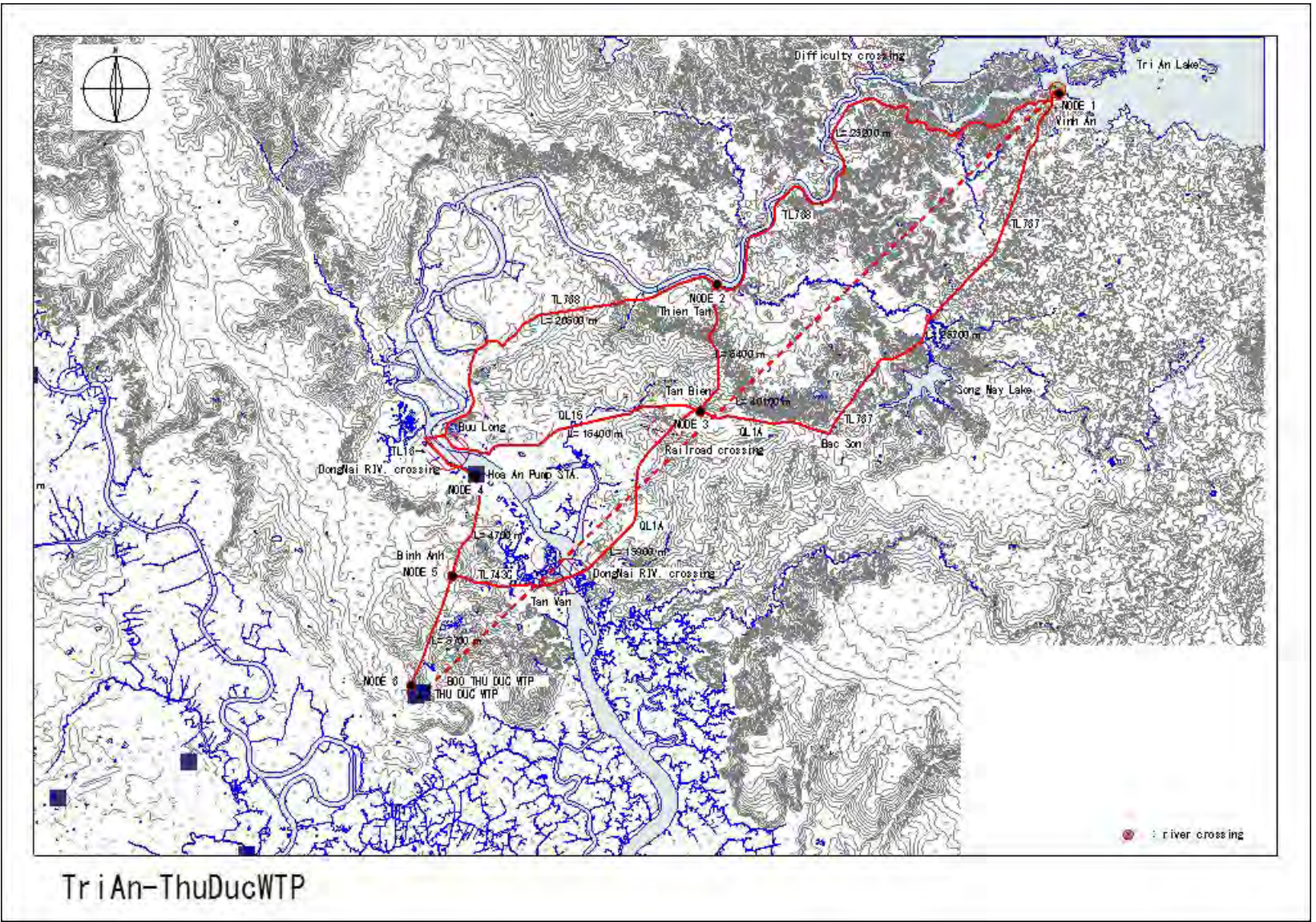
河川横断に関してはどのルートに対してもSai Gon川の横断は必須で、上流側で横断するルートと中間地点で横断するルートがある。

Sai Gon川を除き小河川は10ヶ所程度存在するが、殆どが伏越しかパイプビームで対応できる。Sai Gon川に関しては川幅があまり広がらないが、河川横断工が必要となる。河川協議を含め、今後の詳細調査が必要である。

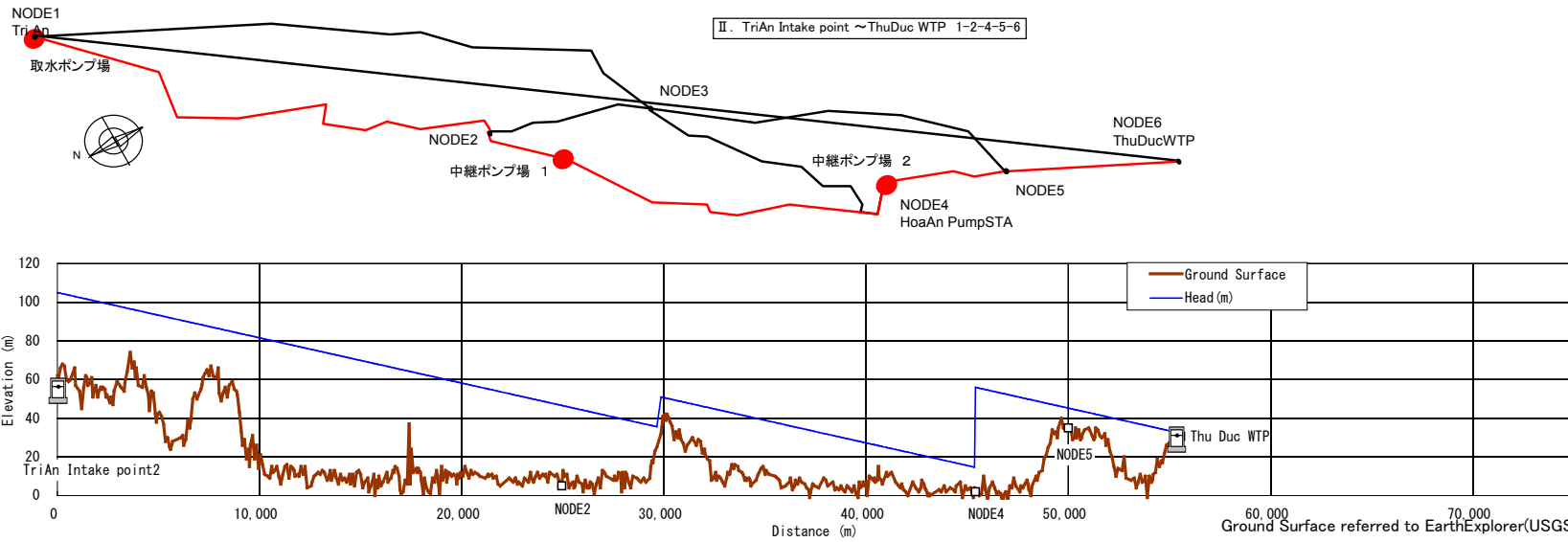
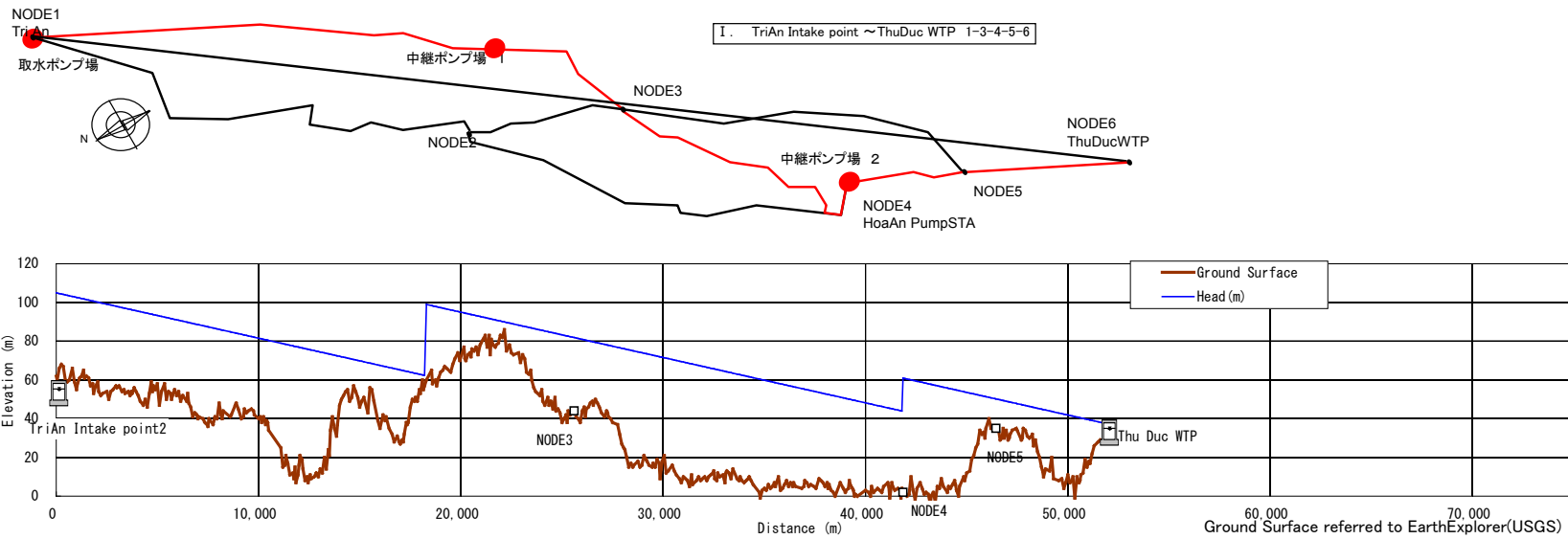
➤ 住宅状況に関して

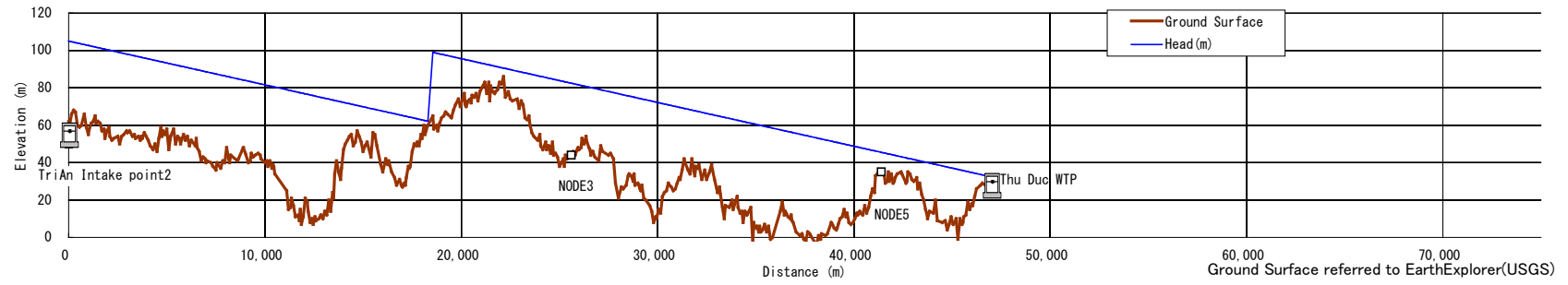
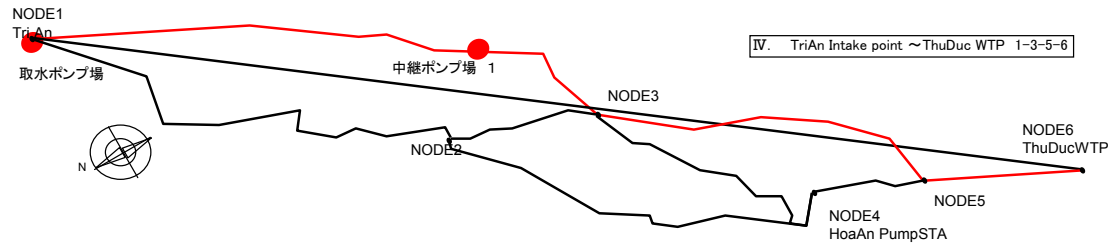
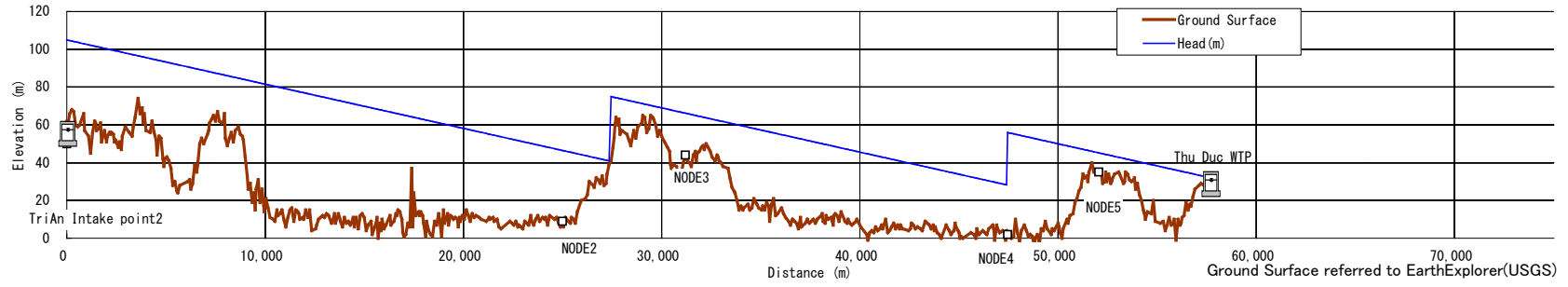
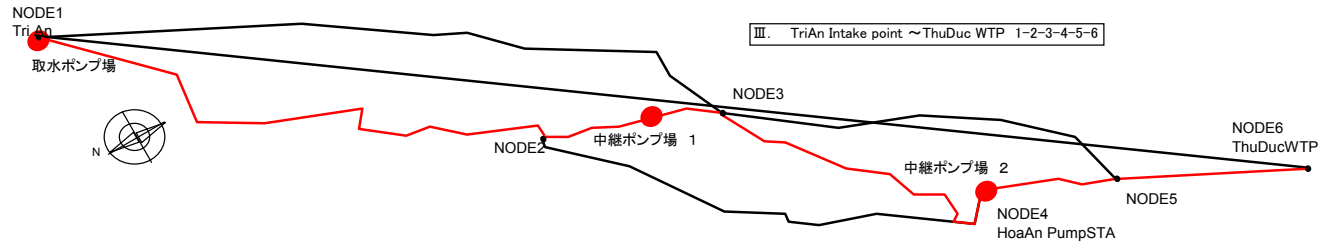
殆どの住宅が道路拡張を確保した後方に建てられており、工事に際しての支障は特に見当たらない。

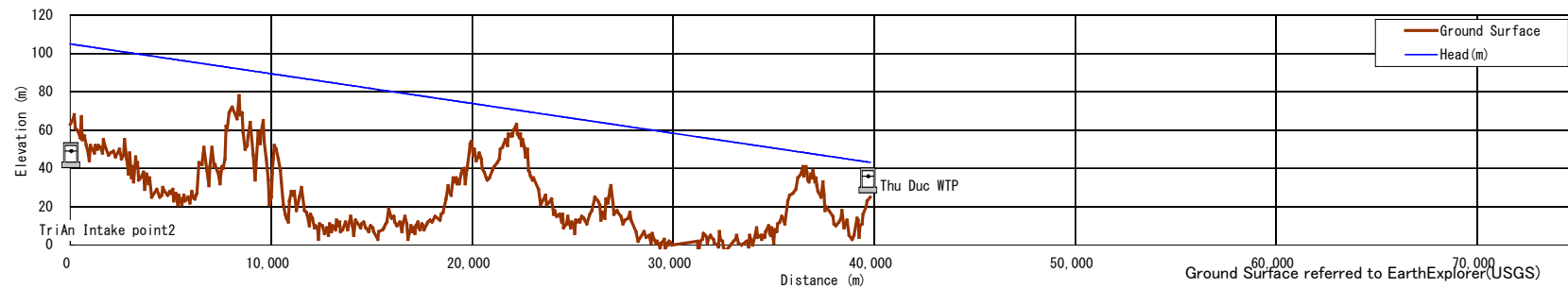
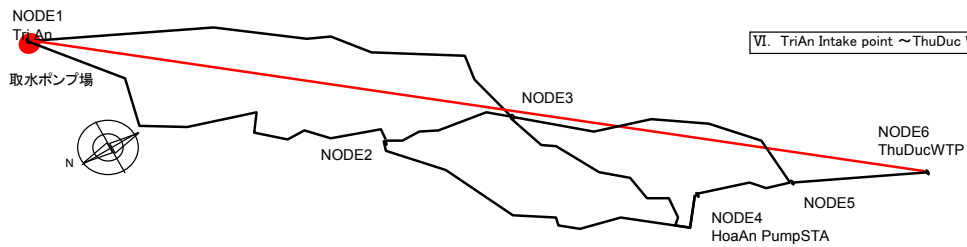
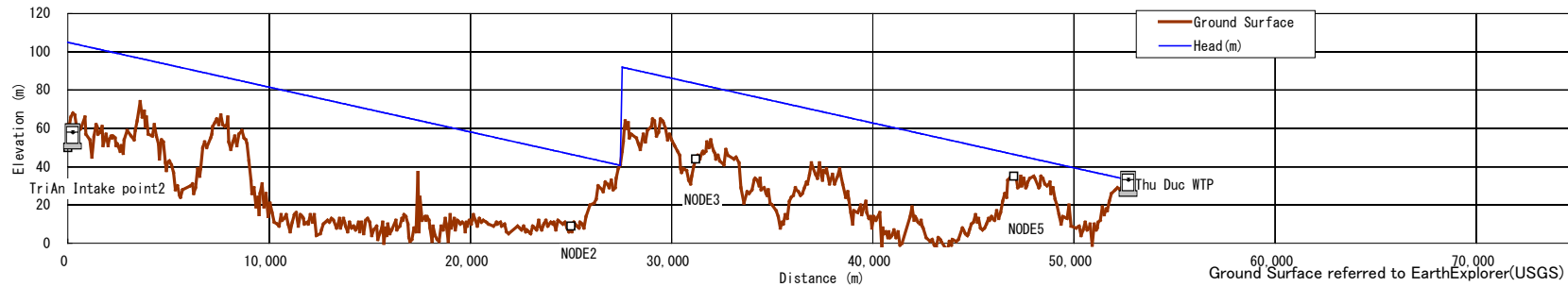
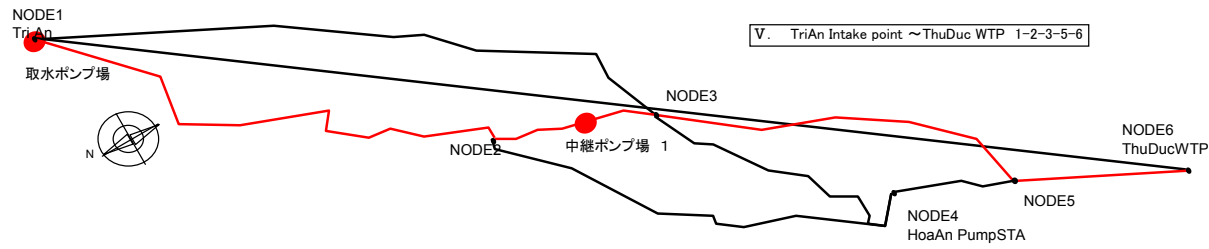


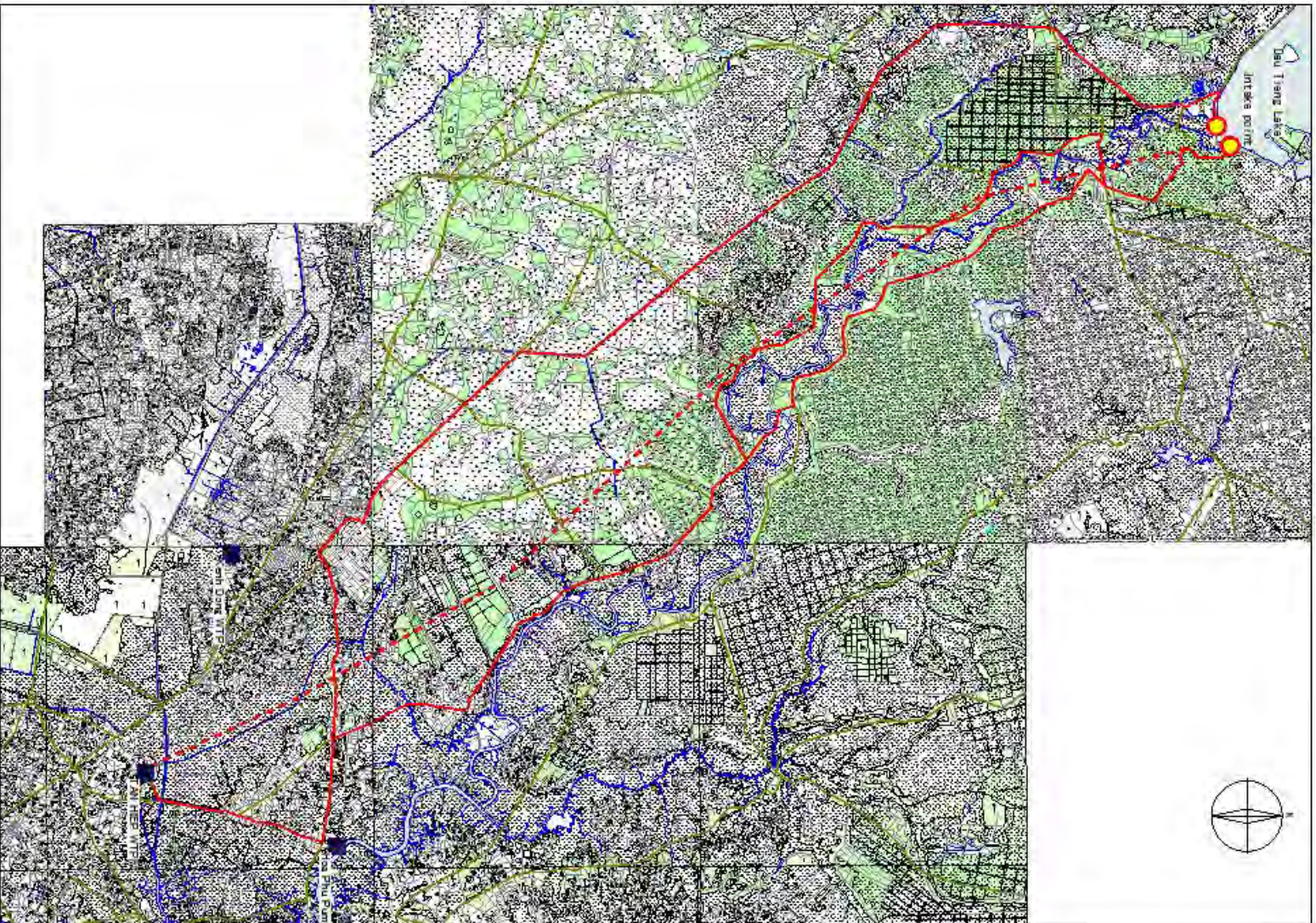


Tri An-ThuDucWTP

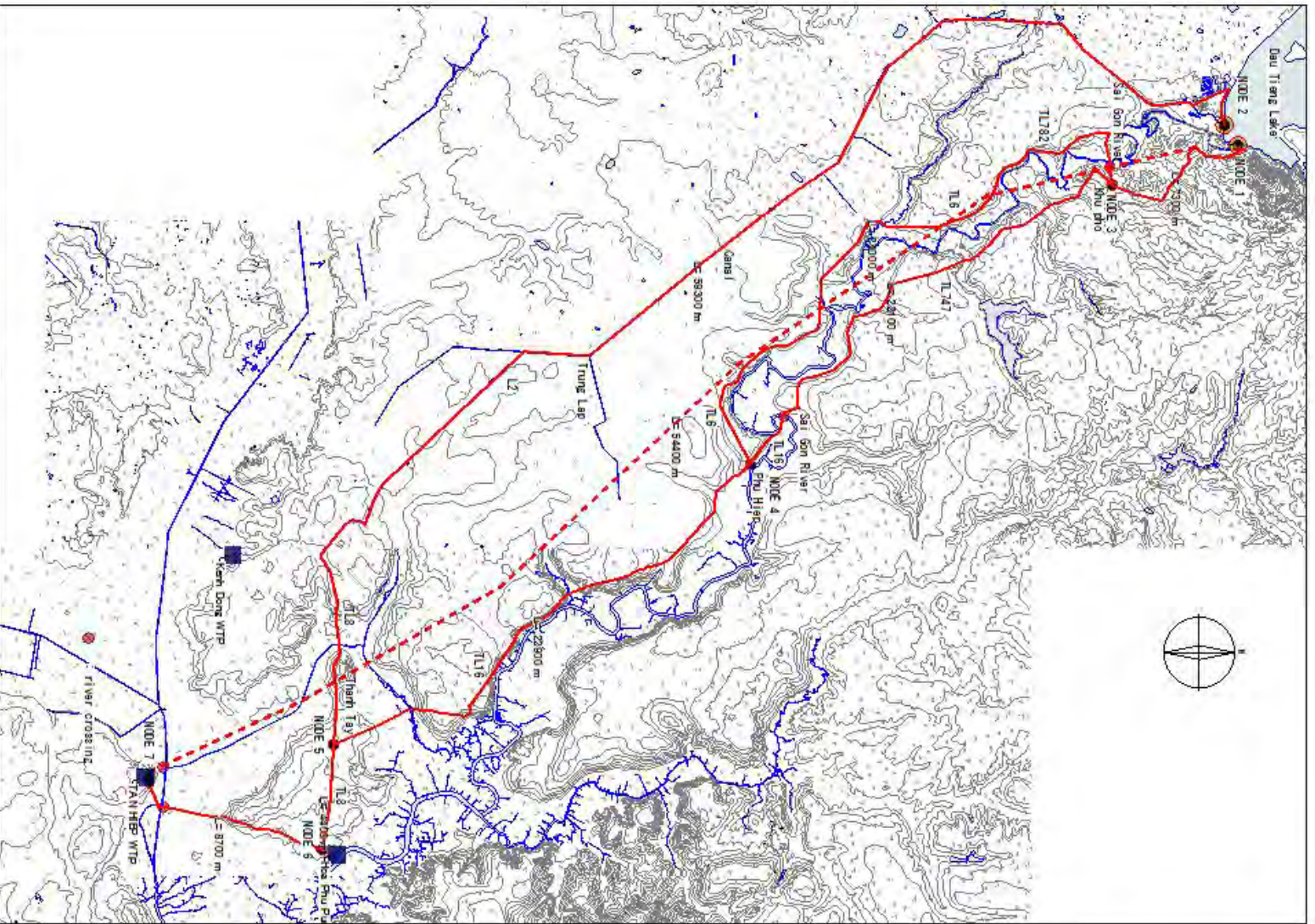




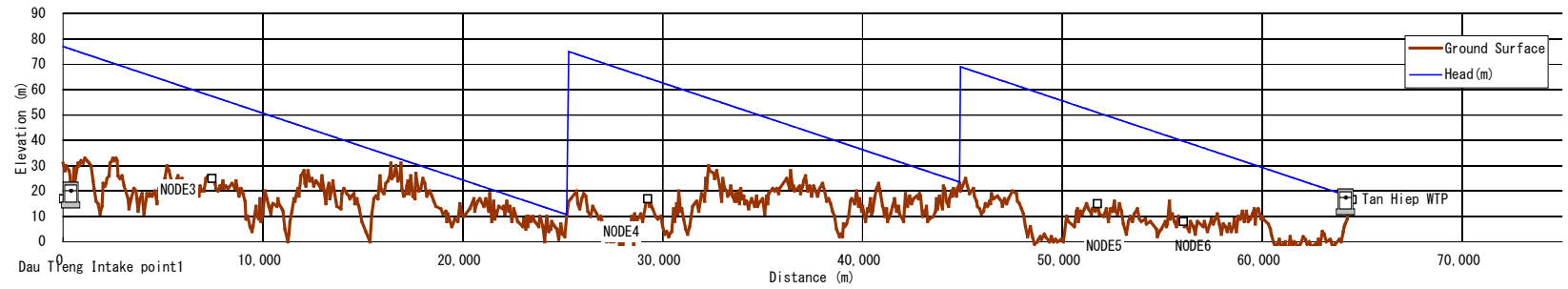
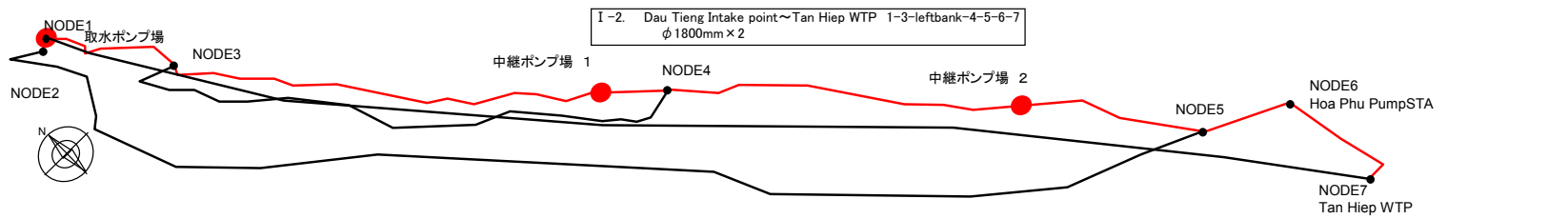
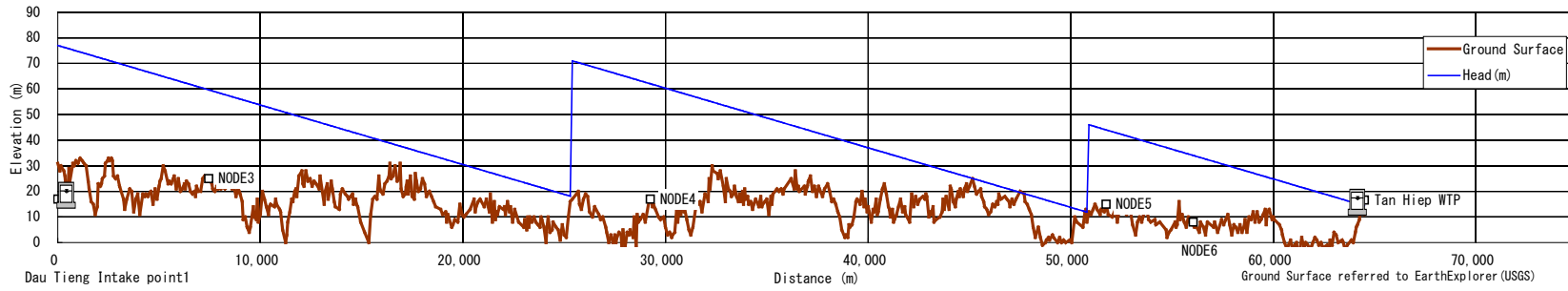
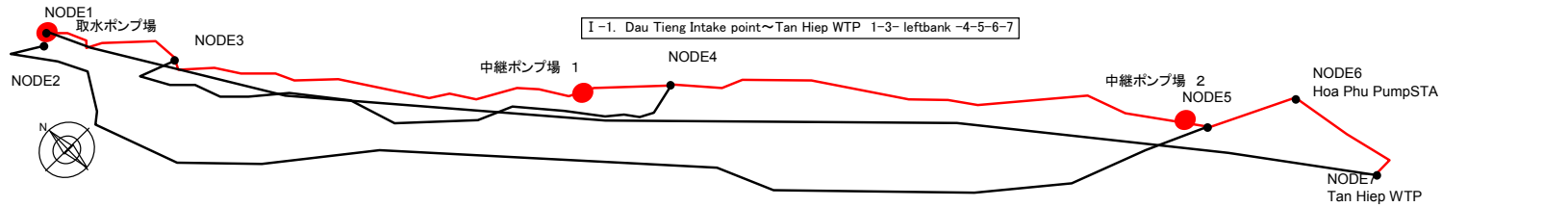


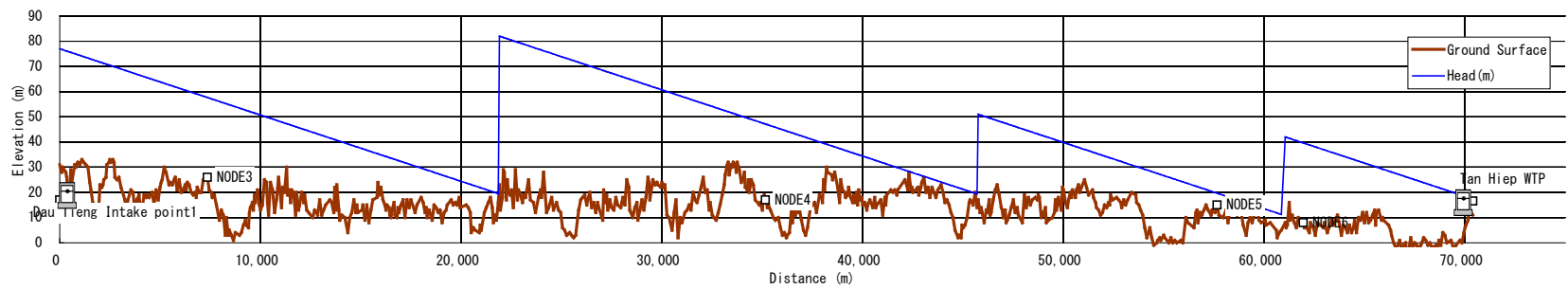
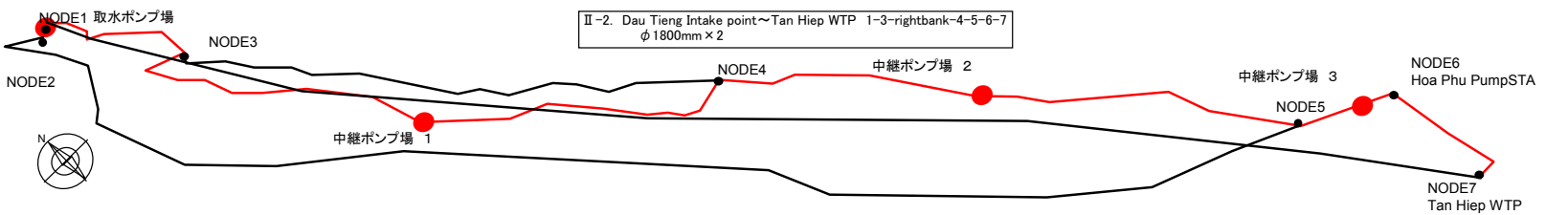
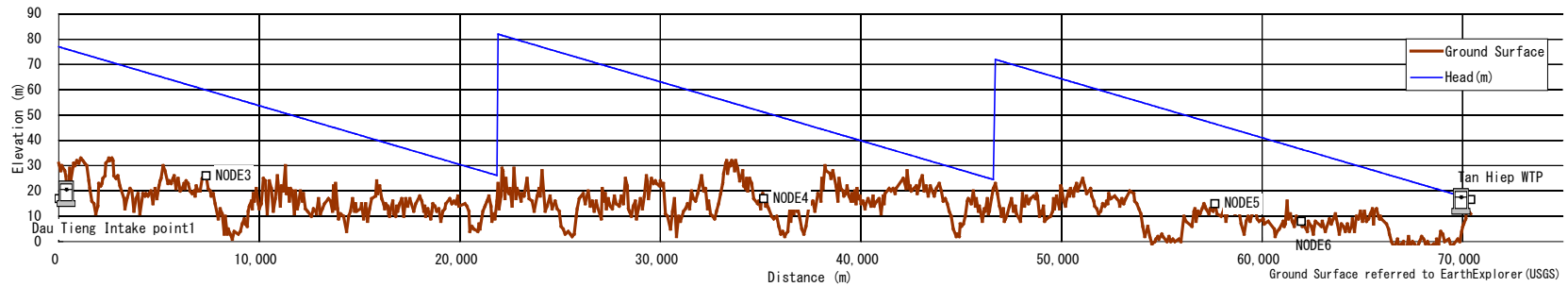
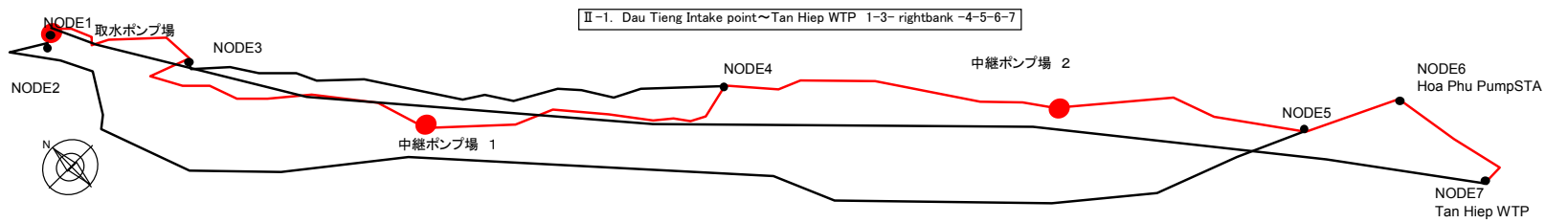


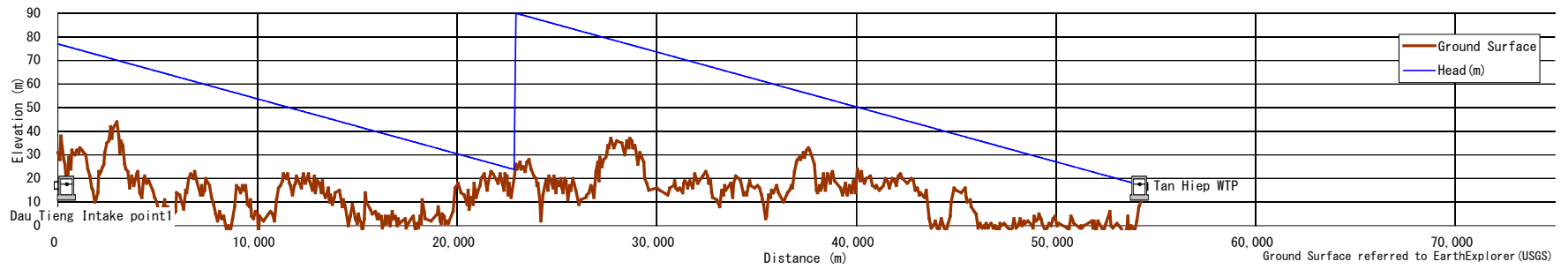
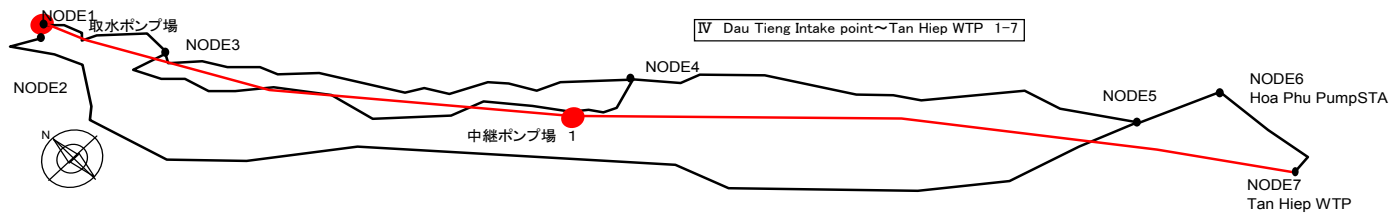
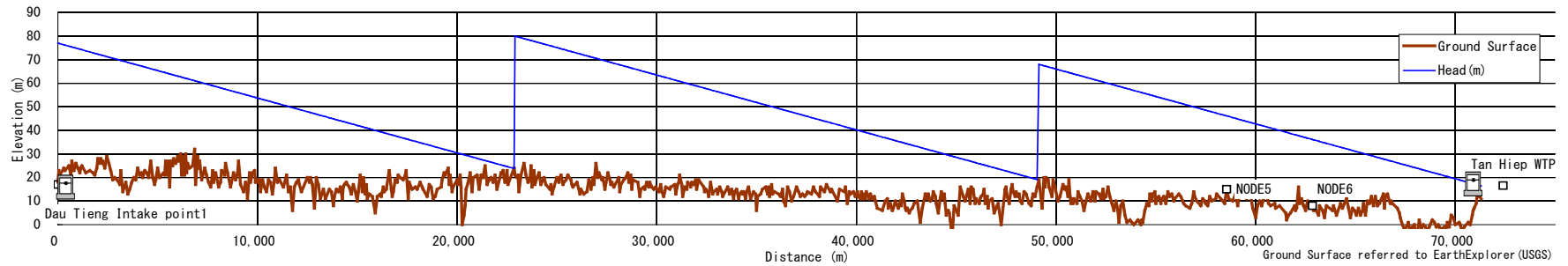
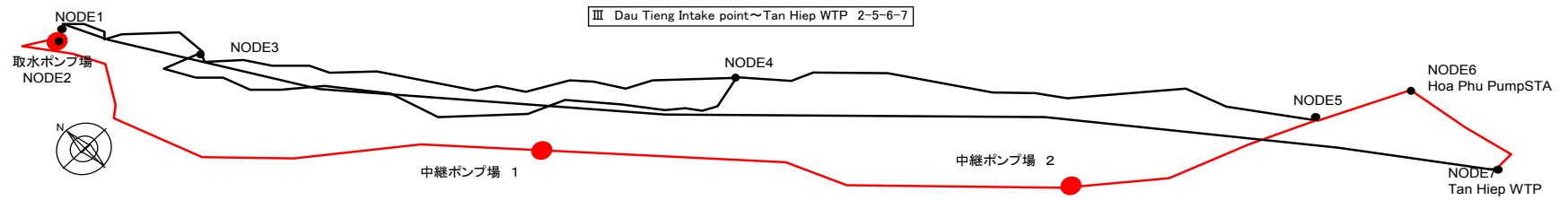
Dau Ti eng-TanHi epWTP



Dau Tieng-TanHiepWTP







1-6-3 ルート案の比較検討

● 基本条件等

- 各区間の延長は区間ごとの延長を 100m未満で切捨てしており、総延長はトータルの延長を 100m未満で切捨てしているで、区間延長のトータルと総延長の数値は合致しない。
- ポンプ設備の年間電力量は季節変動係数を $K=1.1$ としている。
- ポンプの諸元は既存ポンプ設備より $Q=120\text{m}^3/\text{min}$ 、 $H=60\text{m}$ を標準とする。
- 電動機出力 P の算出式： $P(\text{kW})=0.163 \times \gamma \times Q \times H \div \eta_p \times (1 + \alpha)$ （日本水道設計指針より）
- 液の単位体積当たりの質量 (γ)、ポンプの吐出し量 ($Q : \text{m}^3/\text{min}$)、ポンプの全揚程 ($H : \text{m}$)、ポンプ効率 (η_p) : 0.83、余裕率 (α) : 0.10~0.15（日本水道設計指針より）
- 管路間のバルブは 2km ごとに 1 ヲ所 (1~3km に 1 ヲ所 : 日本水道設計指針より) 及び河川横断などの前後に 1 ヲ所設置する。
- 空気弁と排水弁は、管路間のバルブと同数とする（日本水道設計指針より）
- 非開削工法の場合は立坑を 1.5km に 1 ヲ所とし、立坑部分にバルブを設置する。
- ポンプの台数 N は予備を含んだ台数である。

● Tri An Lake～Thu Duc

区間の説明

Section	1～2	2～3	1～3	2～4	3～4
Route	Dong Nai 左岸沿い TL768 Vinh An～Thien Tan	町道クラス Thien Tan～Tan Bien	TL767～QL1A Vinh An～Bac Son～Tan Bien	TL768、TL16 Thien Tan～Buu long～Hoa An	QL15 Bien Hoa 地区 Tan Bien～Hoa An
区間延長	25.2km	6.4km	25.7km	20.6km	16.4km
配管口径	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2
交通状況	取水地点付近は片側1車線で余裕はないが、交通量が少なく、交通に関する問題はない	交通量中程度 Tan Bien 交差点付近は交通量大	TL767 は交通量小で問題はない QL1A は交通量が大ではあるが、道路幅が十分あり、セットバックされており、片側車線の停止は可能ではある。	交通に関する問題はない Buu Long 付近で交通量が多少増える	交通量中程度 市街地ではあるが大半の区間でセットバックされており、片側車線の停止は可能。
道路幅／車線	簡易舗装 20～30m (側道帯含む) 片側1車線 若干道路のアップダウンがある	20～30m、(側道帯含む) 片側2車線 道路拡張用のセットバック 部分的に電柱移設が必要	TL767 は 20～30m、片側2車線 若干道路のアップダウンがある 部分的に電柱移設が必要 QL1A は 4車線あり、全幅は 40～50m で十分な広さを有している	未舗装区間が部分的に見られる、片側1車線と2車線が混在している。殆どの区間でセットバックされており、15～20m くらいの幅があり、道路拡張が容易にできる。	Tan Bien から西方1km間に片側1.5車線の区間があり、道路拡張用のセットバックがされているが、道路幅に余裕がないため、非開削工法の可能性がある Ga Bien Hoa～Dong Nai 川の区間は、片側3車線+側道
河川横断等	橋長約 70m 1ヶ所	道路横断：1ヶ所	橋長 50m 1ヶ所 道路横断：2ヶ所	Dong Nai 川：約 200m (Hoa An 上流約 2km を予定)	Dong Nai 川：約 200m (Hoa An 上流約 2km を予定)
小河川、水路	6ヶ所		5ヶ所	4ヶ所	2ヶ所
住宅状況	殆どなし	点在	Song May 湖付近から Tan Bien に住居が連続しているが、セットバックの後方に位置している。	Dong Nai 川横断予定の Buu Long 付近は連続しているが、以外の区間は点在	住居が連続しているが、セットバックの後方に位置している。ただし、Tan Bien～H0 Nai の一部で非開削工法の可能性がある。 Dong Nai 川横断予定の Buu Long 付近は連続している

Section	3～5	4～5	5～6	1～6
Route	QL1A～TL743C Tan Bien～Tan Van～Binh An	管理道路 Hoa An ～Binh An	管理道路 Binh An～Thu Duc	非開削直線
区間延長	15.9km	4.7km	5.7km	39.8km
配管口径	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D3,700mm×1
交通状況	QL1A は交通量中～大程度 TL743C は問題なし	専用管理道路で交通はない	専用管理道路で交通はない	
道路幅／車線	QL1A は市の主要な幹線道路であり、部分的に片側4車線もあり、大半が片側2車線＋歩道で構成されており、道路拡張用のセットバックがされている。	30m	30m	
河川横断等	Dong Nai 川：300m 軌道横断 1箇所			
小河川、水路	1ヶ所			
住宅状況	住居は多いがセットバックの後方に位置している。	住宅を規制しているため、問題なし	住宅を規制しているため、問題なし	立坑以外に問題なし

ルートと比較

Case	I (1～3～4～5～6)	II (1～2～4～5～6)	III (1～2～3～4～5～6)	IV (1～3～5～6)	V (1～2～3～5～6)	VI (1～6)
Route	TL767～QL1A～QL15～ TL16(Hoa An)～管理道 路	TL768～TL16(Hoa An)～ 管理道路	TL768～町道～QL15～ TL16(Hoa An)～管理道 路	TL767～QL1A (Tan Van) ～TL743C～管理道路	TL768～町道～QL1A (Tan Van) ～TL743C～ 管理道路	非開削直線
総延長	52.0km	55.6km	57.6km	47.0km	52.6km	39.8km
配管口径	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D3,700mm×1
交通状況	TL767 は交通量小であ るが、QL1A～QL15 は中 程度であるが、道路に十 分な広さがあるため、問 題はない。 Buu Long 付近で交通量 が多少増える。 管理道路は専用管理道 路で交通はない。	Node 1 付近は片側1車線 で余裕はないが、交通量 が少なく、交通に関して の問題はない。 TL768 は全区間を通し て、交通が少なく交通に 関しての問題はない。 Buu Long 付近で交通量 が多少増える。 管理道路は専用管理道 路で交通はない。	Node 1 付近は片側1車線 で余裕はないが、交通量 が少なく、交通に関して の問題はない。 その他は交通量中程度 Tan Bien 交差点付近は交 通量大 Buu Long 付近で交通量 が多少増える。 管理道路は専用管理道 路で交通はない。	TL767 は交通量小であ るが、QL1A は中～大程 度であるが、道路に十分 な広さがあるため、問題 はない。 TL743C は交通量が小で 問題はない	Node 1 付近は片側1車線 で余裕はないが、交通量 が少なく、交通に関して の問題はない。 その他は交通量中程度 Tan Bien 交差点付近は交 通量大 QL1A は中～大程度であ るが、道路に十分な広さ があるため、問題はない	
道路幅／車 線	TL767 は 20～30m、片側 2 車線 QL1A は大半が 4 車線、 全幅は 40～50m で十分 な広さを有している Tan Bien～Ga Bien Hoa は片側 2 車線 Tan Bien～H0 Nai の一部 に片側 1.5 車線区間があ るが、道路拡張用のセッ トバックがされている	簡易舗装、未舗装区間が 部分的に見られるが、20 ～30m (側道帯含む) 位 の広さがあり、片側 1 車 線と 2 車線が混在してい る。殆どの区間でセット バックされており、15～ 20m くらいの幅があり、 道路拡張が容易にでき る。	Tan Bien 付近までは、簡 易舗装、未舗装区間が部 分的に見られるが、20～ 30m (側道帯含む) くら いの広さがあり、片側 1 車線と 2 車線が混在して いる。殆どの区間でセッ トバックされており、15 ～20m くらいの幅があ り、道路拡張が容易にで きる。	QL1A は市の主要な幹線 道路であり、部分的に片 側 4 車線もあり、大半が 片側 2 車線+歩道で構成 されており、道路拡張用 のセットバックがされ ている。	Tan Bien 付近までは、簡 易舗装、未舗装区間が部 分的に見られるが、20～ 30m (側道帯含む) くら いの広さがあり、片側 1 車線と 2 車線が混在して いる。殆どの区間でセッ トバックされており、15 ～20m くらいの幅があ り、道路拡張が容易にで きる。	

	Ga Bien Hoa～Dong Nai 川の区間は、片側3車線 +側道		Tan Bien～Ga Bien Hoa 片側2車線 Tan Bien～H0 Naiの一部 に片側1.5車線区間があ るが、道路拡張用のセッ トバックがされている Ga Bien Hoa～Dong Nai 川の区間は、片側3車線 +側道		QL1Aは市の主要な幹線 道路であり、部分的に片 側4車線もあり、大半が 片側2車線+歩道で構成 されており、道路拡張用 のセットバックがされ ている。	
河川横断等	Dong Nai川：約200m その他河川：50m 道路横断：2ヶ所	Dong Nai川：約200m その他河川：70m	Dong Nai川：川幅約 200m その他河川：70m 道路横断：1ヶ所	Dong Nai川：約300m 軌道横断：1ヶ所 道路横断：2ヶ所	Dong Nai川：300m その他河川：70m 軌道横断：1ヶ所	
小河川、水 路	7ヶ所	10ヶ所	8ヶ所	5ヶ所	7ヶ所	
住宅状況	Song May湖付近から Tan Bien、Buu Long付 近まで住居が連続して いるが、セットバックの 後方に位置している。 以外の区間は点在	Buu Long付近は連続し ているが、以外の区間は 点在	Tan Bien～Buu Long付 近まで住居が連続して いるが、セットバックの 後方に位置している。 以外の区間は点在	Song May湖付近～Tan Bien～Tan Vanは住居が 連続しているが、緑地帯 及びセットバックの後 方に位置している。	Tan Bien～Tan Vanは住 居が連続しているが、緑 地帯及びセットバック の後方に位置している。	立坑以外に問題なし
Comment	①取水地点からQL1Aに 至るTL767区間は問題 となる要素はない。 ②Bien Hoaの市街地に おけるQL1Aは交通量が 中から大程度であるが、 道路幅も大半の区間で 広く、セットバック部分 を使用できれば配管布	①TL768の大半の区間 で道路拡張が容易で配 管布設には支障がない。 但し、一部に狭い部分 があるので、その区間 に関しては、道路拡張 が必然となる。 ②Buu Long付近の Dong Nai川横断は左岸	①Tieng Tan～Tan Bien は、現状は余裕がない が拡張用地があるため、 配管布設に支障はない。 一部に狭い部分がある のでその区間に関して は道路拡張が必然とな る。 ②Bien Hoaの市街地に	①取水地点からQL1Aに 至るTL767区間は問題 となる要素はない。 ②QL1Aは交通量が多い が、セットバック部分 や緑地帯が十分確保さ れている。これらを使用 できれば部分的な渋滞 は生じるが、配管布設は不	①TL768及びTieng Tan ～Tan Bienは、現状は 余裕がないが拡張用地 があるため、配管布設 に支障はない。 一部に狭い部分がある ので、その区間に関 しては、道路拡張が必 然となる。	①基本的に問題ないが、 立坑の位置により建設 用道路の新設、工 事用電力の新設など 部分的に支障が出る ことも考えられる。 ②地質・地形及び地下 水など詳細調査が必 要 ③大口径非開削工法が

	<p>設は可能であるが、部分的な渋滞は避けられない。</p> <p>③Bac Son、Tan Bien の交差点は、推進工法等の検討が必要となる。</p> <p>④Tan Bien から西方 1km 間に片側 1.5 車線区間があり、工法の検討がある。</p> <p>⑤Dong Nai 川横断予定の Buu Long 付近は住宅が集合しているため、横断工法及び施工起点の検討が重要</p> <p>⑥最大高低差：約 85m</p>	<p>側に関しては、川岸まで適当なルートがないので、水管橋か非開削工法の検討が必要</p> <p>③Dong Nai 川横断予定の Buu Long 付近は住宅が集合しているため、横断工法及び施工起点の検討が重要</p> <p>④最大高低差：約 75m</p>	<p>おける QL1A は交通量が中から大程度であるが、道路幅も大半の区間で広く、セットバック部分を使用できれば配管布設は可能であるが、部分的な渋滞は避けられない。</p> <p>③Tan Bien の交差点は推進工法等の検討が必要となる。</p> <p>④Tan Bien から西方 1km 間に片側 1.5 車線区間があり工法の検討が重要</p> <p>⑤Dong Nai 川横断予定の Buu Long 付近は住宅が集合しているため、横断工法及び立坑の位置の検討が重要</p> <p>⑥他計画の浄水場が建設中で導水管、配水管などの布設が見込まれる</p> <p>⑦最大高低差：約 75m</p>	<p>可能ではない。</p> <p>③QL1A では地下鉄建設が予定されているが、Tan Van 付近から北側は高架であり、本ルートはこの付近から TL743C に向かうため、地下鉄工事による影響は受けない。</p> <p>④Bac Son、Tan Bien の交差点は推進工法等の検討が必要となる。</p> <p>⑤最大高低差：約 85m</p>	<p>②QL1A は交通量が多いが、セットバック部分や緑地帯が十分確保されている。これらを使用できれば部分的な渋滞は生じるが、配管布設は不可能ではない。</p> <p>③QL1A では地下鉄建設が予定されているが、Tan Van 付近から北側は高架であり、本ルートはこの付近から TL743C に向かうため、地下鉄工事による影響は受けない。</p> <p>④Tan Bien の交差点は推進工法等の検討が必要となる。</p> <p>⑤他計画の浄水場が建設中で導水管、配水管などの布設が見込まれる</p> <p>⑥最大高低差：約 75m</p>	<p>可能かの確認が必要</p>
--	---	--	--	--	---	------------------

Case	I (1~3~4~5~6)	II (1~2~4~5~6)	III (1~2~3~4~5~6)	IV (1~3~5~6)	V (1~2~3~5~6)	VI (1~6)
総延長	52.0km	55.6km	57.6km	47.0km	52.6km	39.8km
配管口径	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D2,600mm×2	D3,700mm×1
バルブ	68 個	64 個	70 個	64 個	66 個	27 個
空気弁	52 個	56 個	58 個	48 個	54 個	
排水弁	52 個	56 個	58 個	48 個	54 個	
ポンプ場設備	3ヶ所	3ヶ所	3ヶ所	2ヶ所	2ヶ所	1ヶ所
1)取水ポンプ	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)
電動機総出力	21,350kW	21,350kW	21,350kW	21,350kW	21,350kW	21,350kW
年間電力量	170,016,000kWh	170,016,000kWh	170,016,000kWh	170,016,000kWh	170,016,000kWh	170,016,000kWh
2)中継ポンプ 1	Q=120m ³ /min、H=40m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=20m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=35m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=35m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=45m N=17 (2)	
電動機総出力	15,530kW	7,760kW	13,590kW	13,590kW	17,470kW	
年間電力量	123,651,000kWh	61,822,000kWh	108,194,000kWh	108,194,000kWh	139,109,000kWh	
3)中継ポンプ 2	Q=120m ³ /min、H=60m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)	Q=120m ³ /min、H=55m N=17 (2)			
電動機総出力	23,290kW	21,350kW	21,350kW			
年間電力量	185,473,000kWh	170,016,000kWh	170,016,000kWh			
年間電力量 計	479,140,000 kWh	401,854,000 kWh	448,226,000 kWh	278,210,000 kWh	309,125,000 kWh	170,016,000 kWh
年間電力料金	45,724,000 USD	38,348,000 USD	42,774,000 USD	26,549,000 USD	29,499,000 USD	16,244,000 USD
概算工事費						
1)取水施設						
取水口	2,528,089 USD	2,528,089 USD	2,528,089 USD	2,528,089 USD	2,528,089 USD	2,528,089 USD
取水塔	2,277,841 USD	2,277,841 USD	2,277,841 USD	2,277,841 USD	2,277,841 USD	2,277,841 USD
2)ポンプ場						

取水場	37,080,935 USD	37,080,935 USD	37,080,935 USD	37,080,935 USD	37,080,935 USD	37,080,935 USD
中継 1	30,245,393 USD	20,965,410 USD	27,948,636 USD	27,948,636 USD	32,532,199 USD	
中継 2	39,344,719 USD	37,080,935 USD	37,080,935 USD			
3)導水施設						
配管	878,189,448 USD	938,987,179 USD	972,763,697 USD	793,748,155 USD	888,322,403 USD	1,292,278,538 USD
弁類	3,755,808 USD	3,556,079 USD	3,879,700 USD	3,532,051 USD	3,655,944 USD	2,370,889 USD
4)横断等						
河川横断	7,920,630 USD	7,516,618 USD	7,987,633 USD	9,392,365 USD	10,333,396 USD	
小河川	4,707,654 USD	6,725,220 USD	5,380,176 USD	3,362,610 USD	4,707,654 USD	
軌道横断				313,077 USD	313,077 USD	
5)共通管理費						
取水口	301,131,803 USD	316,332,140 USD	328,394,940 USD	263,371,775 USD	293,842,109 USD	400,277,535 USD
取水塔	301,056,729 USD	316,257,065 USD	328,319,866 USD	263,296,701 USD	293,767,035 USD	400,202,461 USD
6) VAT 10%						
取水口	130,490,448 USD	137,077,261 USD	142,304,474 USD	114,127,769 USD	127,331,581 USD	173,453,599 USD
取水塔	130,457,916 USD	137,044,728 USD	142,271,942 USD	114,095,237 USD	127,299,048 USD	173,421,066 USD
概算工事費計						
取水口方式	1,435,394,927 USD	1,507,849,866 USD	1,565,349,215 USD	1,255,405,463 USD	1,400,647,387 USD	1,907,989,585 USD
取水塔方式	1,435,037,073 USD	1,507,492,011 USD	1,564,991,360 USD	1,255,047,608 USD	1,400,289,533 USD	1,907,631,731 USD

● **Dau Tieng Lake～Tan Hiep**

区間の説明

Section	1～3	3～4	3～4	4～5
Route	Intake Point～Khu pho	Sai Gon 川左岸、TL744、TL15 Khu pho～Phu Hiep	Sai Gon 川右岸、TL782、TL6 Khu pho～Phu Hiep	Sai Gon 川右岸、TL15 Phu Hiep～Thanh Tay
区間延長	7.3km	22.1km	28.0km	22.9km
配管口径	D2,400mm×1	D2,400mm×1	D2,400mm×1	D2,400mm×1

	D1,800mm×2	D1,800mm×2	D1,800mm×2	D1,800mm×2
交通状況	交通に関しての問題はない	交通に関しての問題はない	交通に関しての問題はない	交通に関しての問題はない
道路幅／車線	15～20m程度、片側2車線＋歩道	大半が20m程度、片側2車線＋歩道 片側1車線の区間があるがセットバック及び側道帯を含めれば十分な広さがある。	20m程度、片側1～1.5車線 片側1車線の区間があるが、セットバック及び側道帯を含めれば十分な広さがある	20m程度、片側1車線 片側1車線の区間があるが、セットバック及び側道帯を含めれば十分な広さがある
河川横断等		Sai Gon川：約260m	Sai Gon川：約150m、	
小河川、水路		2ヶ所	1ヶ所	1ヶ所
住宅状況	点在	点在	殆どが点在、道路沿いは少ない	殆どが点在、道路沿いは少ない
Section	5～6	6～7	2～5	1～7
Route	TL8 Thanh Tay～Hoa Phu	専用管理道路 Hoa Phu～Tan Hiep	Intake Point ～運河沿い～L2～Thanh Thy ～TL8	非開削直線
区間延長	4.4km	8.7km	59.3km	54.4km
配管口径	D2,400mm×1	D2,400mm×1	D2,400mm×1	D2,400mm×1
	D1,800mm×2	D1,800mm×2	D1,800mm×2	
交通状況	交通量は中程度、交通に関しての問題はない		運河沿いは、殆ど交通なし TL8は交通に関しての問題はない	
道路幅／車線	20m程度、片側1車線	専用管理道路で交通はない		
河川横断等		橋長150m（既存水管橋付近）		
小河川、水路	1ヶ所	1ヶ所	分岐水路 10数か所（要工法検討）	
住宅状況	殆どが点在、道路沿いは少ない	住宅を規制しているため、なし。	点在	立坑以外に問題なし

ルート比較

Case	I (1~3~4~5~6~7) Sai Gon 川 左岸~右岸	II (1~3~4~5~6~7) Sai Gon 川 右岸~右岸	III (2~5~6~7) 運河沿い L2 TL8 管理道路	IV (1~7)
Route	Khu pho~TL744~TL16~TL8 管理道路	Khu pho~TL782~TL6~TL16~TL8	運河沿い、L2~TL8	非開削直線
総延長	64.5km	70.4km	72.4km	54.4m
配管口径	D2,400mm×1	D2,400mm×1	D2,400mm×1	D2,400mm×1
	D1,800mm×2	D1,800mm×2		
交通状況	交通に関しての問題はない Node 5~6 間は中程度	交通に関しての問題はない Node 5~6 間は中程度	運河の堤防道路のため、交通は少なく 問題はない L2 は小程度、TL8 交通量小~中程度、	交通に関しての問題はない
道路幅/車線	15~20m程度、片側 1.5~2 車線+歩道 部分的に片側 1 車線の区間があるが、セ ットバック及び側道帯を含めれば十分 な広さがある。 TL8 は片側 2 車線で十分な広さがある。	15~20m程度、片側 1.5~2 車線+歩道 部分的に片側 1 車線の区間があるが、セ ットバック及び側道帯を含めれば十分 な広さがある。 TL8 は片側 2 車線で十分な広さがある。	15~20m程度、片側 1.5~2 車線+歩道 部分的に片側 1 車線の区間があるが、 セットバック及び側道帯を含めれば 十分な広さがある。	
河川横断等	Sai Gon 川：約 260m 橋長 150m (既存水管橋付近)	Sai Gon 川：約 150m 橋長 150m (既存水管橋付近)	橋長 150m (既存水管橋付近)	
小河川、水路	3ヶ所	3ヶ所	十数か所	
住宅状況	TL8 沿いは連続しているが歩道の後方に 建てられており、以外は殆どが点在、道 路沿いは少ない。	TL8 沿いは連続しているが歩道の後方 に建てられており、以外は殆どが点在、 道路沿いは少ない。	TL8 沿いは連続しているが歩道の後方 に建てられており、道路沿いは少な い。以外は運河沿いのため殆どが点 在、	
Comment	①基本的に支障事項はないが、2 本布設 の場合は道路占用幅に注意が必要とな る。 ②高低差：約 40m	①基本的に支障事項はないが、2 本布設 の場合は道路占用幅に注意が必要とな る。 ②高低差：約 40m	①運河沿い布設に関し、農業用水関係 者との協議が必要。 ②運河の目的は農業用水の供給が主 用途であり、周辺農地に供給するた め、十数か所の分岐がある。施工時 においてこの分岐水路の養生のため、施	①基本的に問題ないが、立坑の 位置により建設用道路の新設、 工事用電力の新設など部分的 に支障が出ることも考えられ る。 ②地質・地形及び地下水など詳

			<p>工時期、施工期間、施工方法の詳細な検討が必要となる。</p> <p>③両側に道路があるが、堤防の機能を有しており、工作物の築造や配管などの布設は困難が予測される。</p> <p>④施工範囲についても堤体側との適正な離隔が必要。また、工事中の建設機械の運搬・搬入のために新たな工事用進入路が必要となる。</p> <p>⑤住宅は殆どの区間で点在の状況であるが、堤体に近接している住宅は配管スペース、施工スペース確保のため移転の可能性が高く、土地収用の可能性もある。</p> <p>⑥高低差：約 30m</p>	細調査が必要
--	--	--	---	--------

Case	Ⅰ(1~3~4~5~6~7) Sai Gon 川 左岸~右岸		Ⅱ(1~3~4~5~6~7) Sai Gon 川 右岸~右岸		Ⅲ(2~5~6~7) 運河沿い	Ⅳ(1~7)
	Ⅰ—1 D2,400mm×1	Ⅰ—2 D1,800mm×2	Ⅱ—1 D2,400mm×1	Ⅱ—2 D1,800mm×2	D2,400mm×1	D2,400mm×1
総延長	64.5km		70.4km		72.4km	54.4m
バルブ	37 個	74 個	39 個	78 個	38 個	37 個
空気弁	33 個	66 個	35 個	70 個	36 個	
排水弁	33 個	66 個	35 個	70 個	36 個	
ポンプ場設備	3ヶ所	3ヶ所	3ヶ所	4ヶ所	3ヶ所	2ヶ所
1)取水ポンプ	Q=120m ³ /min、H=60m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=60m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=60m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=60m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=60m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=60m N=8 (2)
電動機総出力	9.320kW	9.320kW	9.320kW	9.320kW	9.320kW	9.320kW
年間電力量	74,189,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh
2)中継ポンプ 1	Q=120m ³ /min、H=55m	Q=120m ³ /min、H=60m	Q=120m ³ /min、H=60m	Q=120m ³ /min、H=60m	Q=120m ³ /min、H=60m	Q=120m ³ /min、H=65m

	N=8 (2)	N=8 (2)	N=8 (2)	N=8 (2)	N=8 (2)	N=8 (2)
電動機総出力	8,540kW	9,320kW	9,320kW	9,320kW	9,320kW	10,090kW
年間電力量	68,009,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh	74,189,000kWh	80,369,000kWh
3)中継ポンプ 2	Q=120m ³ /min、H=35m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=50m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=50m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=35m N=8 (2)	Q=120m ³ /min、H=50m N=8 (2)	
電動機総出力	5,430kW	7,760kW	7,760kW	5,430kW	7,760kW	
年間電力量	43,274,000kWh	61,822,000kWh	61,822,000kWh	43,274,000kWh	61,822,000kWh	
4)中継ポンプ 3				Q=120m ³ /min、H=35m N=8 (2)		
電動機総出力				5,430kW		
年間電力量				43,274,000kWh		
年間電力量 計	185,472,000 kWh	210,200,000 kWh	210,200,000 kWh	234,927,000 kWh	210,200,000 kWh	154,558,000 kWh
年間電力料金	17,699,000 USD	20,059,000 USD	20,059,000 USD	22,419,000 USD	20,059,000 USD	14,749,000 USD
概算工事費						
1)取水施設						
取水口	2,022,471 USD	2,022,471 USD	2,022,471 USD	2,022,471 USD	2,022,471 USD	2,022,471 USD
取水塔	1,822,273 USD	1,822,273 USD	1,822,273 USD	1,822,273 USD	1,822,273 USD	1,822,273 USD
2)ポンプ場						
取水場	17,779,262 USD	17,779,262 USD	17,779,262 USD	17,779,262 USD	17,779,262 USD	17,779,262 USD
中継 1	16,754,679 USD	15,810,225 USD	17,779,262 USD	15,810,225 USD	17,779,262 USD	18,795,912 USD
中継 2	12,627,803 USD	15,723,387 USD	15,723,387 USD	12,627,803 USD	15,723,387 USD	
中継 3				12,627,803 USD		
3)導水施設						
配管	512,323,500 USD	717,091,650 USD	559,187,200 USD	782,686,080 USD	575,073,200 USD	1,212,288,768 USD
弁類	1,666,011 USD	2,783,609 USD	1,756,715 USD	2,935,373 USD	1,717,370 USD	1,566,896 USD
4)横断等						
河川	7,283,872 USD	10,037,770 USD	5,329,662 USD	7,344,710 USD	2,664,831 USD	

小河川	1,271,975 USD	1,752,967 USD	1,271,975 USD	1,752,967 USD	6,359,877 USD	
5)共通管理費						
取水口	171,518,872 USD	234,900,403 USD	186,254,981 USD	256,676,008 USD	191,735,898 USD	375,735,993 USD
取水塔	171,458,813 USD	234,840,343 USD	186,194,921 USD	256,615,949 USD	191,675,839 USD	375,675,933 USD
6) VAT 10%						
取水口	74,324,845 USD	101,790,174 USD	80,710,492 USD	111,226,270 USD	83,085,556 USD	162,818,930 USD
取水塔	74,298,819 USD	101,764,149 USD	80,684,466 USD	111,200,245 USD	83,059,530 USD	162,792,904 USD
概算工事費計						
取水口方式	817,573,290 USD	1,119,691,919 USD	887,815,408 USD	1,223,488,973 USD	913,941,116 USD	1,791,008,233 USD
取水塔方式	817,287,007 USD	1,119,405,635 USD	887,529,125 USD	1,223,202,690 USD	913,654,832 USD	1,790,721,949 USD

1-6-4 ルート案の選定

総延長、交通、河川・軌道横断、住宅状況、ポンプ場の箇所数、年間電力量、概算工事費等を検討し最適ルートの評価、抽出を行う。本調査は前述のとおり、縮尺 1/50,000 程度の地図に基づく検討を主体としており、事業規模や実施上の制約条件の把握については、地図及び概観調査をもとに、現地状況を熟知している SAWACO と協議し、その意見を反映することで行っている。

● 評価の方法

評価の方法は定性的な項目と定量的な項目に分けて評価を行う。

➤ 定性評価

評価項目を交通状況、道路状況、住宅状況などとし、定性的に評価する。

➤ 定量評価

評価項目を導水管総延長、河川横断箇所、道路横断箇所、軌道横断箇所、ポンプ場箇所数などとし、建設費として各々の概算工事費を積算するとともに、維持管理費としてポンプ施設に関する電力料金を評価項目とする。

➤ 評価方法

評価方法に関しては、定性評価の場合は施工の難易などの記述は可能であるが、技術的に施工を否定するものでなく、明確に順位づけができないので、今後の実際の project が形成されるにあたって、考慮する事項として整理する。

これより本調査においては、定量評価として概算事業費（取水施設、ポンプ場施設、管・弁類、特殊工事など）、及びポンプ施設に関する電力料金による評価を行った。

● ルート案の整理

➤ Tri An Lake ～ Thu Duc WTP ルート

まず非開削ルートに関しては、地形、地質、地下水などの情報が入手できておらず、計画する段階に至っていないことから、公道ルートが不可能となった場合に、改めて詳細に検討することとしている。

次に各案を評価するに当たり、まずは距離延長から考えると、Case-IV(1～3～5～6)が最短であることがわかる。この場合、ポンプ場の数も取水場を含めて2ヶ所となり、距離の短いことに加えて、さらに効率的な案として考えることができる。

ただし、工事の容易性という点において、Node 3 の交差点付近における交通の状況から、数ヶ所の道路横断及び1ヶ所の軌道横断工事が必要となることが課題として挙げられる。この課題に対し、SAWACO との協議において、施工容易性の観点から実現性の高いルートとしては、Case-II(1～2～4～5～6)であるという見解が出ている。

同じく、Case-V(1～2～3～5～6)については、CaseIVと同様、延長面で優位さはあるものの、Node 2～3 区間に、他計画の浄水場が建設中で導水管、送水管、配水管などの布設が見込まれており、新たな配管スペースを確保するのは困難と見られることから、実現性という点で、CaseIVと比較して大きく劣る評価となっている。

したがって、Tri An Lake からのルート検討においては、まずは定性面からは Case-II と Case-IVの 2 ケースを導水ルートとして抽出できると考える。

またその他の特記事項として、本システムは非開削ルートを除き、どのルートも Dong Nai 川の横断が含まれることになり、大規模横断工事に関しては各案とも同条件となっている。

また、すでに記述したとおり、各区間において不可能な区間はないが、Bien Hoa (Node 3) 付近では東西方向道路 (QL 1A 及び QL 15) に関し、車線の少ない区間があり交通量も多く、民家も多く建っている。これより、工事期間中において騒音、振動及び交通障害発生の可能性が大きく、難工事が予想され、住民移転の発生する可能性も否めない。SAWACO もこの区間の工事を懸念していることから、現計画時点では、この付近での東西方向への配管を避ける案が望ましい。

一方、電力量に関しては、距離が短くポンプ場の少ないIV、IIの順になりIIがIVに対し、45%程度多くなっている。また同様に、概算工事費についても、延長が短く、ポンプ場の数が少ない Case-IVが最も低く、Case-IIに比べその差は約 20%程度となっている。

したがって、事業費・維持管理費を含めた評価をした場合でも、Case-IVの優位は変わらないものの、施工容易性という観点から、Case-IVと Case-IIを導水ルート案として抽出するものとした。

➤ Dau Tieng Lake ～ Tan Hiep WTP ルート

まず非開削ルートに関しては TriAn と同様、地形、地質、地下水などの情報が入手できておらず、計画する段階に至っていないことから、公道ルートが不可能となった場合に、改めて詳細に検討することとしている。

続いて配管延長から各案を見た場合、Case- I (1～3～(左岸)～4～5～6～7)が最短となり、CaseIIが時点となる。

一方でポンプ場の数については、Case-IIの D1,800mm×2 条案を除き、取水場を含め 3 ヶ所となるが、年間電力量についてはこのポンプ場の数とは無関係に、Case- I が他の案より少なくなり、距離の短いことが優位さの根拠となっている。

一方で、施工容易性という観点から見た場合、殆どの区間においても郊外地と位置付けられ、支障事項は殆どなく、SAWACO の意見もルート選定において、「問題になるような事項はあまりない」とのことであった。

しかしながら、運河沿いのルートは交通の問題は殆どないが、両岸が堤防としての

機能を有しており、工作物の築造や配管などの布設は困難が予測されることから、本ルートの場合には堤防部分を避けて布設しなければならない可能性が大きい。

さらに運河沿いのルートは、住宅は殆どの区間で点在の状況であるが、堤体に近接している住宅は配管スペース、施工スペース確保のため移転は避けられず、土地収用の可能性もある。また、水利権者である農業用水関係者との間で協議が必要であり、十数か所の分岐箇所に対する施工時期・施工期間・施工方法などの詳細検討が必要となる。現段階では実務的な協議が出来ておらず、諸元・図面関連の入手もできていない。このように不確定要素が多く存在することから、布設可能性の判断ができない。これより現時点では、運河沿いへの配管を避けることが賢明と考えられる。

一方、Operation コストとして発生する電力料金は、恒久的に必要となることから、経済性の面からも省エネルギーの観点からも、出来るだけ電力消費量の少ないケースを選定すべきであると考えられる。例えば、電力量の少ないケースは Case-I であり、Case-II との差は 10% 程度となる。また電力量に関しては、2 条配管は 1 条配管に比べ、10% 程度多く必要となる。(導水勾配が大きいため)

また、概算工事費についても、Case-I が低く、Case-2 との差は約 10% となる。

よって本システムに関しては、事業費・維持管理費など経済性に優れた Case-I を導水ルートとして抽出することとした。

● 評価表

各ルートの評価結果は、比較表に示したとおりである。

1-6-5 管種の選定

導水管の種類はダクタイル鋳鉄管、鋼管、塩化ビニール管、ポリエチレン管、PC 管、鉄筋コンクリート管がある。原水の輸送を目的にした場合の管種の選定には、内圧、外圧に対して安全であること、が重要な要素となる。

また、本計画のように大規模取水を行う場合は、最大口径も重要な要素となる。

最大口径で判断すると塩化ビニール管 (Max D=700mm)、ポリエチレン管 (日本では主に給水管で使用され、Max D=200mm 程度であるが、ベトナム国では HDPE 管で 1,000mm の実績がある) は大口径に対応しておらず採用できない

これより次の管種から選定することになる。経済性、市場性、施工能力等を調査し選定することになるが、鉄筋コンクリート管 NC 形管 (Max D=3,000mm)、PC 管 (Max D=3000mm)、ダクタイル鋳鉄管 (Max D=2,600mm)、鋼管 (Max D=3,000mm) が対象となる。

SAWACO との協議により、ダクタイル管がベトナム国においても広く使用されており、市場性もあることから、長期に亘る安心・安定を図るためダクタイル管を使用する。

1-7. 取水・導水施設計画

1-7-1 2015 年対応計画の諸元

表 1-7-1 施設計画諸元 (2015 年)

Dong Nai River ~ Hoa An P/S			
	現況施設	整備施設	2015 年施設
計画取水量	1,265,000 m ³ /day	330,000 m ³ /day	1,595,000 m ³ /day
取水ポンプ Thu Duc	q=120m ³ /min、H=55m N=6 台(内 1 台予備)	q=120m ³ /min、H=55m N=2 台	q=120m ³ /min、H=55m N=8 台(内 1 台予備)
Thu Duc BOO	q=73.2/min、H=55m N=4 台(内 1 台予備)		q=73.2/min、H=55m N=4 台(内 1 台予備)
導水管 (C=110)	D2,400mm (2002) V=3.2m/s、I=3.60‰ L=10,800m、H=38.9m	D1,800mm(1966) 休止管の再稼動	D2,400mm, Q=1,086,000m ³ /day V=2.8m/s、I=2.71‰ D1,800mm Q=509,000m ³ /day V=2.3m/s、I=2.71‰ L=10,800m、H=29.3m

Sai Gon River ~ Hoa Phu P/S			
	現況施設	整備施設	2015 年施設
計画取水量	330,000 m ³ /day	330,000 m ³ /day	660,000 m ³ /day
取水ポンプ Tan Hiep	q=113m ³ /min、H=60m N=3 台(内 1 台予備)	q=113m ³ /min、H=60m N=2 台 (基礎あり)	q=113m ³ /min、H=60m N=5 台(内 1 台予備)
導水管 (C=110)	D1,500mm V=2.2m/s、I=2.96‰ L=9,100m、H=26.9m	D1,500mm 現在 1 本のみの布設で あり、当初計画の 2 本 完成が必要 計 D1,500mm×2 本	D1,500mm×2 本 V=2.2m/s、I=2.96‰ L=9,100m、H=26.9m

※ 本表は、SAWACO ヒアリングをもとに作成

● 2015 年計画に関する提案

2015 年計画の未整備導水管について、将来計画を 2015 年計画へ反映させることは、将来の重複投資を避けるためにも重要事項である。既存ポンプ場付近から浄水場間に関しては、将来計画を考慮した口径とすることを提案する。

両系統とも現在は2本計画に対して1本のみを整備となっている。将来計画において現在の導水管ルート（専用管理道路）に新たな導水管を布設することを検討していることから、未整備の導水管を将来に必要とする規模で整備することにより、この区間においては無駄な投資を回避することが可能となる。

Tri An～Thu Duc については将来計画において、D2,600mm×2本を必要とするので、2015年整備計画の1,800mmの再稼動を取りやめ、D2,600mmの整備を提案する。D1,800mm導水管は1966年布設で現時点において50年近く経過しており、今後10年以上使用するには、安心・安定の面で不安を残すことになることから、使用を控えるべきである。

Dau Tieng～Tan Hiep については将来計画において、D2,400mm×1本もしくはD1,800mm×2本を必要とするので、2015年整備計画のD1,500mmの整備を取りやめ、D1,800mmもしくはD2,400mmの整備を提案する。

これらの計画を遂行することにより、比較表における工事費が低減し、投資の抑制に寄与する。

Tri An 系では電力量は数%増加するが、配管に関する工事費が20%強減少する。また、Dau Tieng 系では同じく配管に関する工事費が10%強減少する。

なお、ポンプ施設に関しては2015年対応で計画されており、容量の増加は取水施設、ポンプ吸水井などの改造及び電気設備等の改造・増設を伴い、過剰な投資となるため現計画を踏襲することとする。

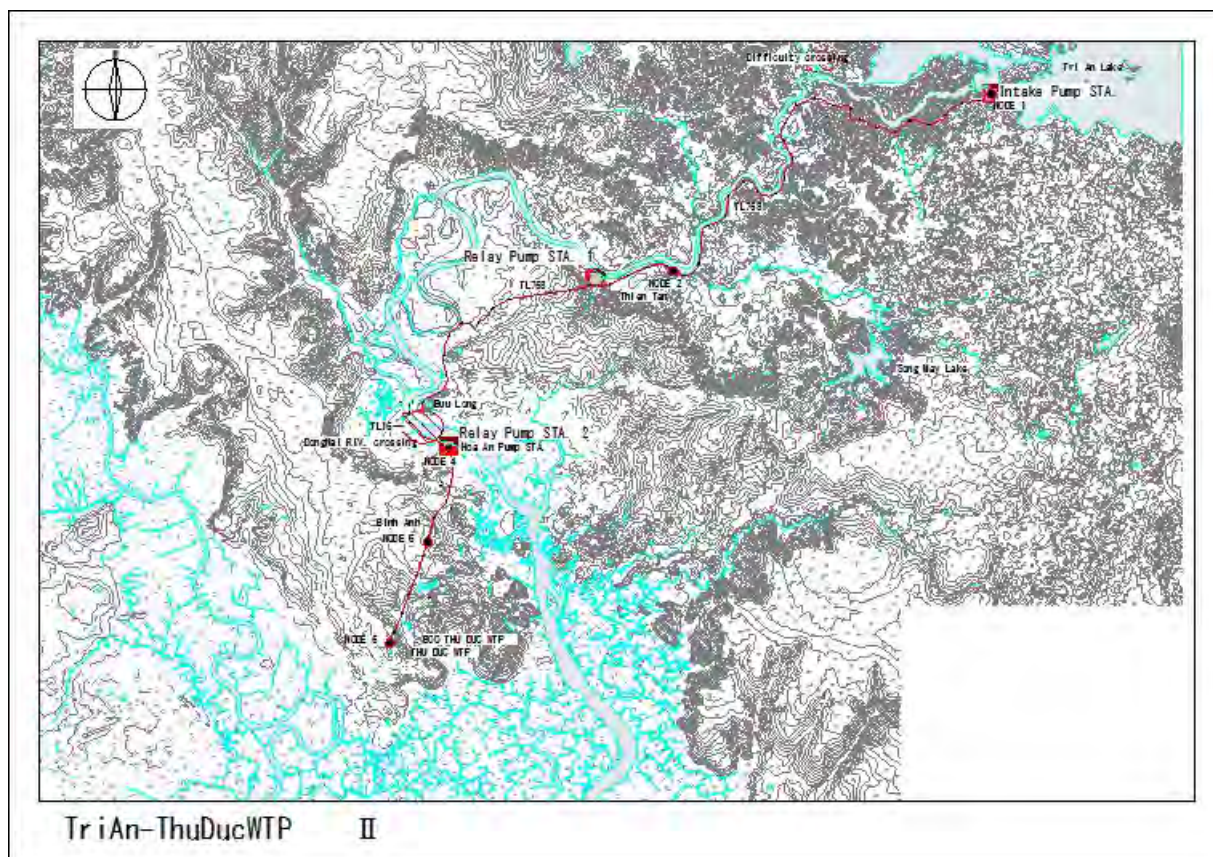
表 1-7-2 提案整備計画

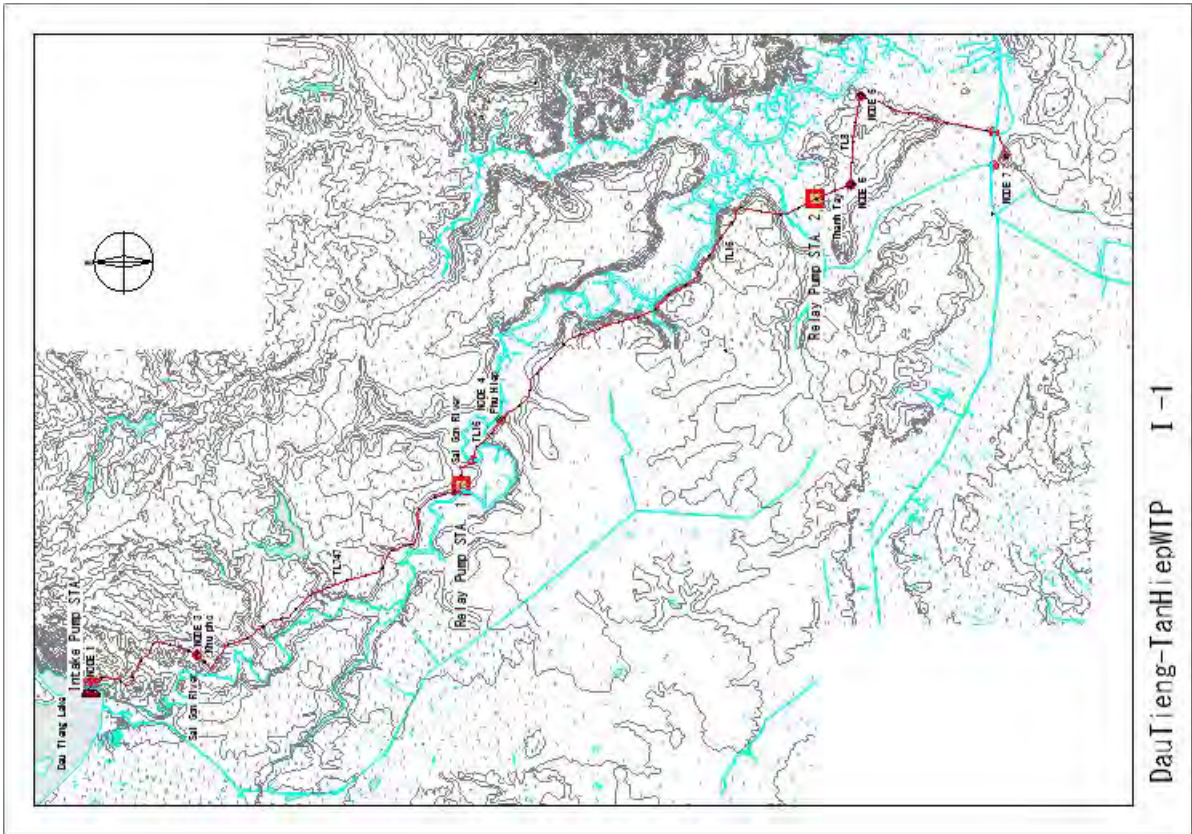
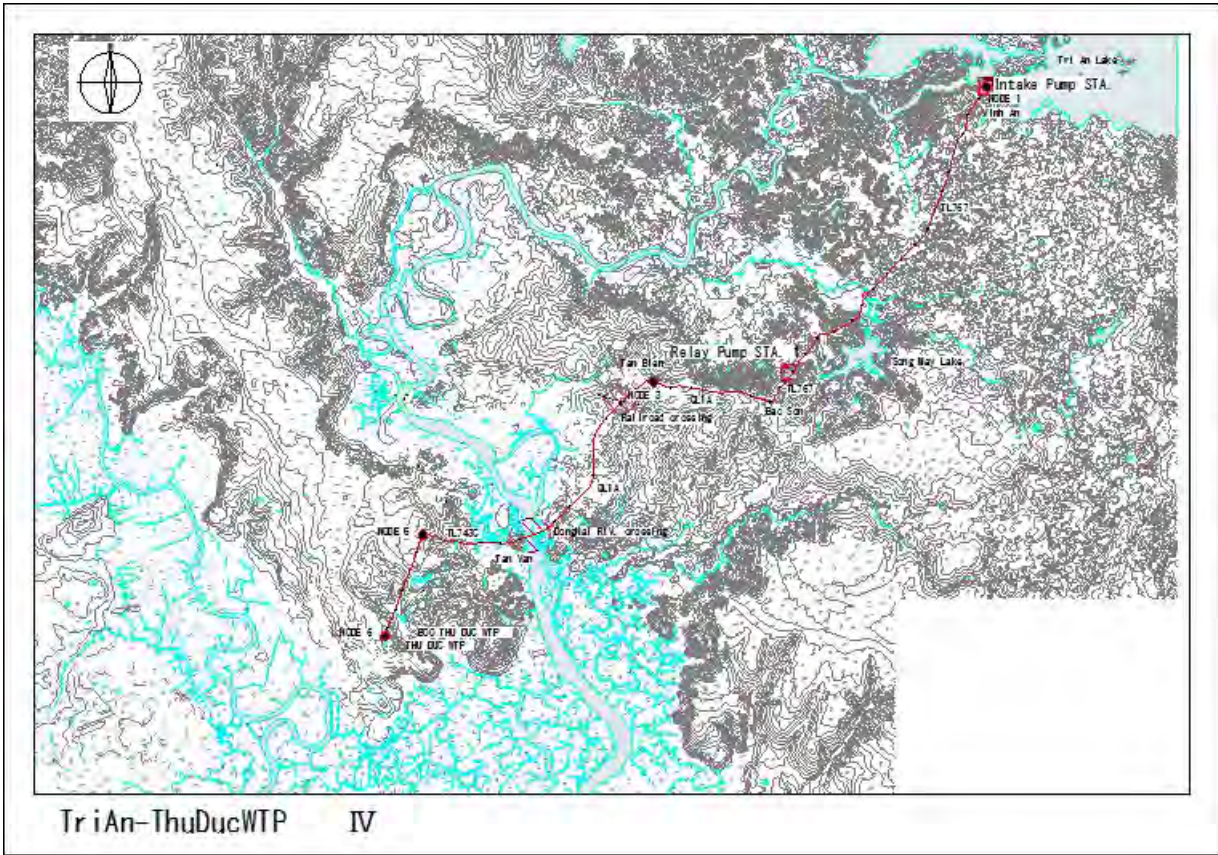
	現在(2011)	計画(2015)	提案(2015)	将来(2025)	備考
Thu Duc 系	D2,400	D1,800	D2,600	D2,400+2,600	D1,800 休止
Tan Hiep 系	D1,500	D1,500	D1,800	D1,800+1,800	D1,500 休止
	D1,500	D1,500	D2,400	D2,400	D1,500 休止

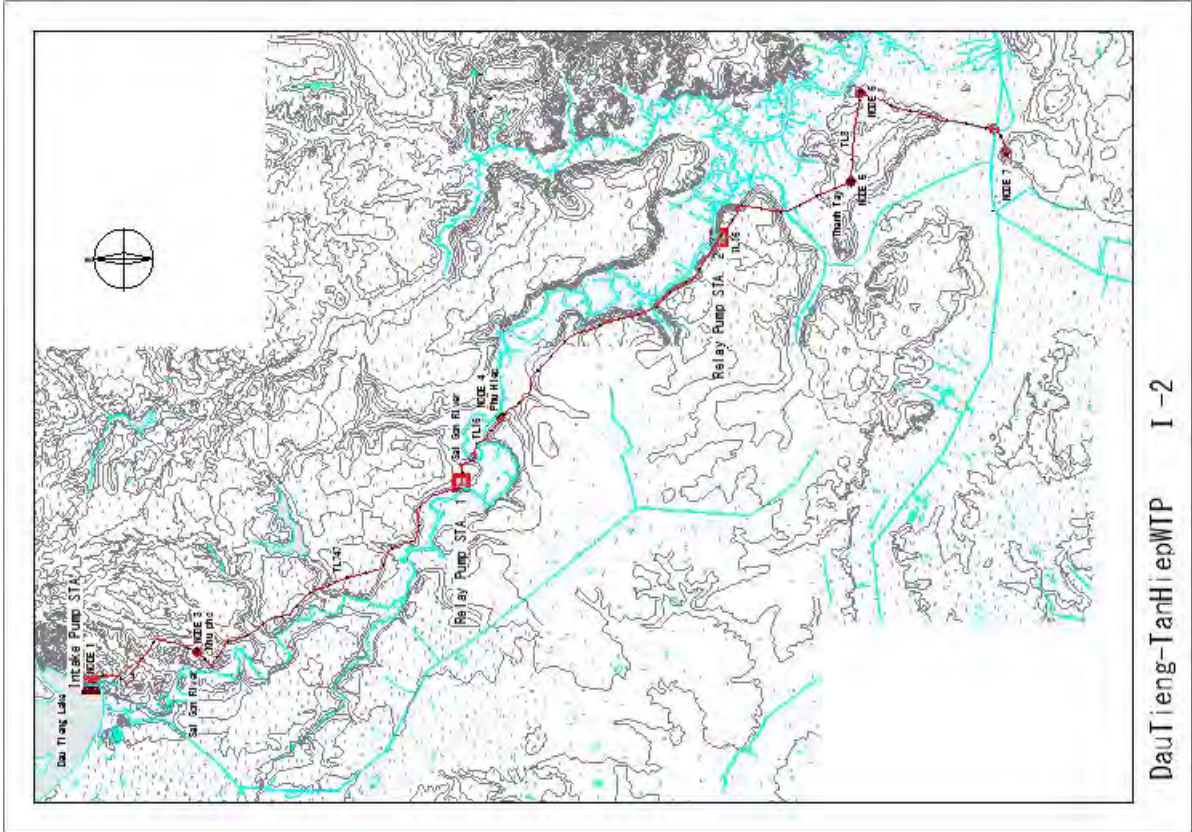
1-7-2 2025 年対応計画の諸元

表 1-7-3 施設計画諸元 (2025 年)

	Dau Tieng System		Tri An System	
	Case- I		Case- II	Case-IV
	D2,400mm×1	D1,800mm×2	D2,600mm×2	
取水施設	取水口方式もしくは取水塔+管渠方式 (各 Case 共通)			
取水ポンプ場	Q=120m ³ /min H=60m、N=8	Q=120m ³ /min H=60m、N=8	Q=120m ³ /min H=55m、N=17	Q=120m ³ /min H=55m、N=17
中継ポンプ場 No.1	Q=120m ³ /min H=55m、N=8	Q=120m ³ /min H=60m、N=8	Q=120m ³ /min H=20m、N=17	Q=120m ³ /min H=35m、N=17
中継ポンプ場 No.2	Q=120m ³ /min H=35m、N=8	Q=120m ³ /min H=50m、N=8	Q=120m ³ /min H=55m、N=17	
導水管延長	64.5km		55.6km	47.0km
バルブ	D2,400mm 37	D1,800mm 74	D2,600mm 64	D2,600mm 64
空気弁	D150mm 33	D150mm 66	D150mm 56	D150mm 48
排水弁	D400mm 33	D400mm 66	D400mm 56	D400mm 48







DauTieng-TanHiepWTP I -2

1-7-3 実施スケジュール

新規水源開発に関する実施スケジュールを以下に示す。

表 1-7-4 新規水源開発に関する実施スケジュール

Project	Stage	Contents	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Tri An reservoir ~ Thu Duc WTP	Water Resource Development Plan														
	Approbation	Application / Approbation / Funding													
	Site acquisition	Negotiation / Acquisition													
	Execution design	Basic design / Detailed design													
	Construction	Bidding / Agreement													
		Procurement / Construction													
		Test run / Handover													
	WTP Expansion Plan														
	Thu Duc III	300,000m ³ /day													
	Thu Duc IV	300,000m ³ /day													
Thu Duc V	500,000m ³ /day														
Water Supply (m ³ /day)		1,150,000	1,150,000	1,450,000	1,450,000	1,450,000	1,750,000	1,750,000	1,750,000	1,750,000	1,750,000	1,750,000	2,250,000	2,250,000	
Dau Tieng reservoir ~ Tan Hiep WTP	Water Resource Development Plan														
	Approbation	Application / Approbation / Funding													
	Site acquisition	Negotiation / Acquisition													
	Execution design	Basic design / Detailed design													
	Construction	Bidding / Agreement													
		Procurement / Construction													
		Test run / Handover													
	WTP Expansion Plan														
	Tan Hiep II	300,000m ³ /day													
	Tan Hiep III	300,000m ³ /day													
Water Supply (m ³ /day)		300,000	300,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	900,000	900,000	900,000	900,000	900,000	

実施スケジュールの検討にあたっては、ホーチミン市給水マスタープランにより示されている浄水場拡張計画の予定時期にあわせることとした。その結果、非常にタイトなスケジュールとなり、その実施にあたっては(特に Dau Tieng 貯水池から Tan Hiep 浄水場系統)、次のような課題があると考えられる。

- プロジェクト許認可にかかる手続きの迅速化
- 実施設計等の先行実施
- 大口径管の調達及び現場搬入
- 分割施工の実施等による工期短縮（現地施工業者の育成を含む） など

1-8. 施設容量計算

● Tri An lake

ア) 計画取水量

$$Q = 2,475,000 \text{m}^3/\text{day} = 1,720 \text{m}^3/\text{min} = 28.6 \text{m}^3/\text{sec}$$

イ) 取水口方式

- 取水口

取水口幅 $B=Q/HV$

流入水深 $H=2.0\text{m}$ 、流入速度 $V=0.6\text{m/sec}$ (0.4~0.8) とすると

⇒水面付近の浮遊物の流入を抑制するため流入速度を小さくする。

$$B=28.6/2.0 \times 0.6 = 23.83 = 24.0\text{m}$$

$$\text{実流入速度} = 28.6/2.0 \times 24.0 = 0.60\text{m/sec}$$

➤ 取水管渠

管渠面積 $A=Q/V$

$$\text{管渠内平均流速 } V=1.0\text{m/sec} \text{ とすると } A=28.6/1.0=28.6\text{m}^2$$

形状寸法 $3.0 \times (3.0 \times 3 \text{ 連}) = 27.0\text{m}^2$

$$\text{実流入速度} = 28.6/27.0 = 1.06\text{m/sec}$$

➤ 付帯設備

スクリーン、ゲート

ウ) 取水塔方式

➤ 取水口

取水開孔 $a = 4.0\text{m}^2$ ($H=2.0\text{m}$ 、 $B=2.0\text{m}$)

流入速度 $V=1.0\text{m/sec}$ (湖沼水の場合 1.0~2.0) とすると

$$\text{開孔面積 } A=28.6/1.0=28.6\text{m}^2$$

$$\text{取水開孔数 } N=28.6/4.0=7.2=8 \text{ ヶ所}$$

$$\text{実流入速度} = 28.6/(4.0 \times 8) = 0.89\text{m/sec}$$

取水塔形状 幅=6.0m、長=26.0m

➤ 取水管渠

管渠面積 $A=Q/V$

$$\text{管渠内平均流速 } V=1.0\text{m/sec} \text{ とすると } A=28.6/1.0=28.6\text{m}^2$$

形状寸法 $D=2,500\text{mm}(4.9\text{m}^2) \times 6 \text{ 本} = 29.4\text{m}^2$

$$\text{実流入速度} = 28.6/29.4 = 0.97\text{m/sec}$$

➤ 付帯設備

スクリーン、ゲート

● **Dau Tieng lake**

ア) 計画取水量

$$Q=990,000\text{m}^3/\text{day} = 690\text{m}^3/\text{min} = 11.5\text{m}^3/\text{sec}$$

イ) 取水口方式

➤ 取水口

取水口幅 $B=Q/HV$

流入水深 $H=2.0\text{m}$ 、流入速度 $V=0.6\text{m/sec}$ (0.4~0.8) とすると

⇒水面付近の浮遊物の流入を抑制するため流入速度を小さくする。

$$B=11.5/2.0 \times 0.6=9.58=10.0\text{m}$$

$$\text{実流入速度} = 11.5/2.0 \times 10.0 = 0.58\text{m/sec}$$

➤ 取水管渠

管渠面積 $A=Q/V$

管渠内平均流速 $V=1.0\text{m/sec}$ とすると $A=11.5/1.0=11.5\text{m}^2$

形状寸法 $2.0 \times (3.0 \times 2 \text{ 連}) = 12.0\text{m}^2$

$$\text{実流入速度} = 11.5/12.0 = 0.96\text{m/sec}$$

➤ 付帯設備

スクリーン、ゲート

ウ) 取水塔方式

➤ 取水口

取水開孔 $a = 3.0\text{m}^2$ ($H=2.0\text{m}$ 、 $B=1.5\text{m}$)

流入速度 $V=1.0\text{m/sec}$ (湖沼水の場合 1.0~2.0) とすると、

$$\text{開孔面積 } A = 11.5/1.0 = 11.5\text{m}^2$$

取水開孔数 $N=11.5/3.0=3.8=4$ ヶ所

$$\text{実流入速度} = 11.5/3.0 \times 4 = 0.96\text{m/sec}$$

取水塔形状 幅=4.0m、長=12.0m

➤ 取水管渠

管渠面積 $A=Q/V$

管渠内平均流速 $V=1.0\text{m/sec}$ とすると、 $A=11.5/1.0=11.5\text{m}^2$

形状寸法 $D=2,500\text{mm}(4.9\text{m}^2) \times 2 \text{ 本} = 9.8\text{m}^2$

$$\text{実流入速度} = 11.5/9.8 = 1.17\text{m/sec}$$

➤ 付帯設備

スクリーン、ゲート

1-9. 今後の課題

● 取水施設

大容量取水であること、雨期・乾期の水位差が大きいことなど大規模工事が予想される反面、施工ヤードが十分あること、付近に住居が殆どないことなど施工中の周辺環境に関する問題は殆どない。

取水地点に関しては、ピンポイント的に決定するのではなく、周辺付近を含むということ、取水方式に関しては、取水口方式と取水塔方式の2方式を提案し、SAWACOの同意を得た。しかし、本調査では地形・地質情報及び測量図を入手できておらず、調査等も行っていないため、施工に関する技術面の協議は行っていない。

このような状況で概略施設規模を算定しているため、今後、本計画の実施段階においては、上記の情報に関する調査を詳細に行い、実行可能性の評価をする必要がある。

特に、両貯水池において雨期と乾期では水位差が大きく、施工現場環境が大きく変わるため、施工時期と施工期間を十分検討して、ベトナム国で実行可能な施工計画を立てることが重要である。

● 導水施設

大容量導水であり、遠距離導水であることから大規模工事が予想される。ルートの大半の公道幅は、将来の拡張に向けセットバック等の処置がされており、殆どの区間で配管布設幅は確保できているなど、計画に対しては有利な傾向にある。

住民移転に関しては殆ど発生しないと評価できるが、皆無であるかについては詳細調査をおこなっていないので、今後詳細調査を行い移転の有無を確認する必要がある。

導水管口径は Tri An 系は D2,600mm×2、Dau Tieng 系は D2,400mm×1 又は D1,800mm×2 となり、配管布設占用面積及び施工空間を十分確保しておく必要がある。

特に Tri An 系は施工中の道路占用幅は、素掘り工法か矢板工法かによるが8～12m程度になる。その他資材置き場、建設機械の施工スペースも確保しなければならず、本計画の実施段階においては、これらに関し詳細調査が必要になる。

ただし、配管布設工事の場合、掘削→配管布設→埋め戻し→施工完了→道路開放の期間は長くないので、一時的、部分的な交通障害は発生する可能性はあるが、配管布設には大きな支障はない。

- **既存計画の確実な推進**

本計画は大容量取水、大容量導水、遠距離導水のもとに計画されている。非常時の対応を考慮し、複数化は行うべきであるが、事業費の面、布設ルートの面などから二重化は難しい状況と見られる。そのため、既存計画（2015年段階）を着実に進め、既存の取水、導水施設を活用することによって、非常時対応を図ることが重要である。

2015年計画を実現すれば、取水ポンプ能力から Tri An 系で 1,450,000m³/day の能力となり 2025年計画の約 65%、Dau Tieng 系で 600,000 m³/day の能力となり 2025年計画の約 67%程度となり、上流側での事故等に対し、応急的な対応は可能となる。

このため、既存の取水施設は 2025年計画が完成しても閉鎖するのではなく、非常時用として稼動が可能なように、適宜保守・点検及び管理を行う必要がある。

第2章 配水システムに関する調査

2-1. 現状課題とアプローチ

2-1-1 既存ネットワークの課題

ホーチミン市の上水道システムは、市内中心部から 10km 程度離れた浄水場の配水ポンプで配水管網の末端まで直接配水しており、その地理的特性（南北に長く、高低差がない）や都市の発展に伴う市域の拡大や需要の増加のため、次のような課題を持ち合わせている。

- 急激に増加する水需要に対する供給能力不足
- 高い漏水率（平均 40%）
- 浄水場からの直接配水に起因する市内配水圧の不均衡と配水管網の末端における低水圧および水質汚染
- 生活水準向上による水道の要求品質向上（水量・水圧・水質）への対応

こうした課題を解決し、将来のホーチミン水道のあるべき姿を描くため、SAWACO において、2025 年を目標年次とする都市計画マスタープランに基づいた、水道マスタープラン（Master plan for HCMC water supply system up to 2025 (Ho Chi Minh City, 2012) 以下、WSMP という）を策定し、2012 年 6 月に正式決定（首相承認）されているというのが現状である。

一方、WSMP では、長期的な視点に立った水道システムの改善という観点からは、将来的な配水施設整備について、これまでホーチミン市水道を拡張してきた方法と同様、浄水場の拡張に合わせた浄水場から市域中心部に至る基幹管路（配水幹線）の追加による配水システムの拡張が提案されており、また、現在から 2025 年に至るまでの時系列的な施設整備内容については検討されていない状況である。

2-1-2 検討のアプローチ方法

上記状況を踏まえ本調査では、配水システムに関する調査として、以下の検討調査を行った。

- 最適な配水ネットワークシステム（配水区域設定）の提案
- 2025 年に向けた配水施設整備計画（ロードマップ）の策定

最適な配水ネットワークシステムの検討においては、ホーチミン市同様に、平坦な市域にポンプ圧送により配水している大阪市水道の、配水池の設置を含む配水コントロールシステムのホーチミン市への適用も含め、大阪市水道の持つ配水運用の経験と実績を踏まえて、水需要の時間変動に対応した配水を可能とするシステムについて検討するほか、配水圧を適正に管理し、省エネ、省水（漏水量の低減）を実現する、最

適な配水ネットワークシステムを提案する。(図 2-1-1, 図 2-1-2)

このような配水システムを実現することにより、漏水率の低減と、時間変動に対応した配水が可能となり、市内における出水不良、低水圧を解消し、安全な水を 24 時間連続して水利用者に供給することができるとともに、将来想定されている漏水率をさらに低減することができ、必要となる浄水場拡張コストを抑制する効果も期待できる。

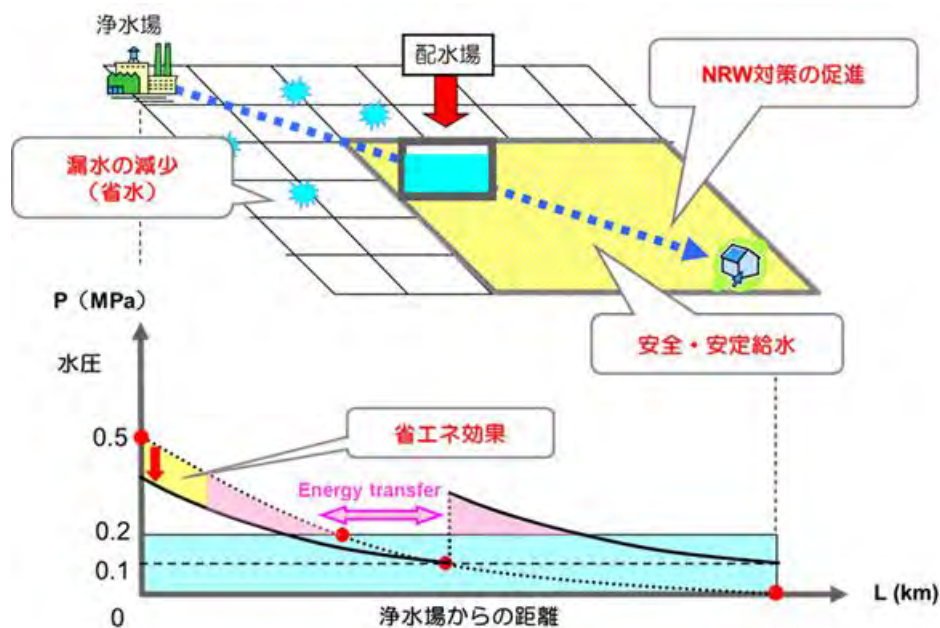


図 2-1-1. 配水池の設置を含む配水コントロールシステムの概要

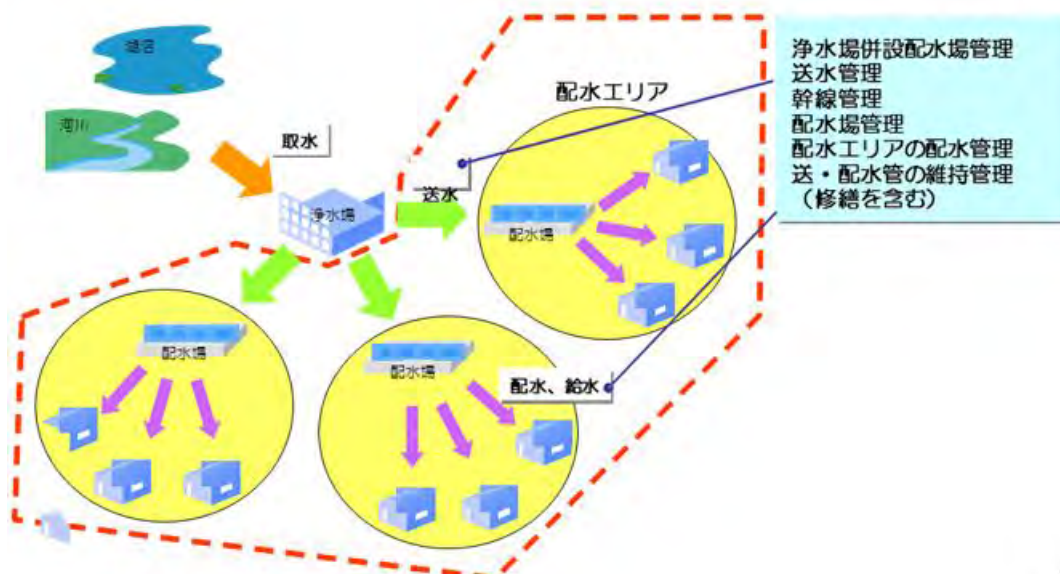


図 2-1-2. 配水コントロールシステムのホーチミン市全域への適用イメージ

具体的な検討方法としては、WSMP のレビューにより、将来の想定水需要など検討条件を確認するとともに、将来のホーチミン市水道の目指すべきサービスレベル（最低限確保すべき水圧や水圧バランスなど）を設定し、こうした条件を満たすことができる最適な配水ネットワークシステムの検討を行った。その際、複数の管網モデルによる代替案を作成し、管網解析により配水効率の計算と実現可能性の評価を行った。

またさらに、最適な配水ネットワークシステムの実現に向け、配水施設整備計画を、2025 年までの 5 か年ごとのロードマップとして検討し提案を行った。

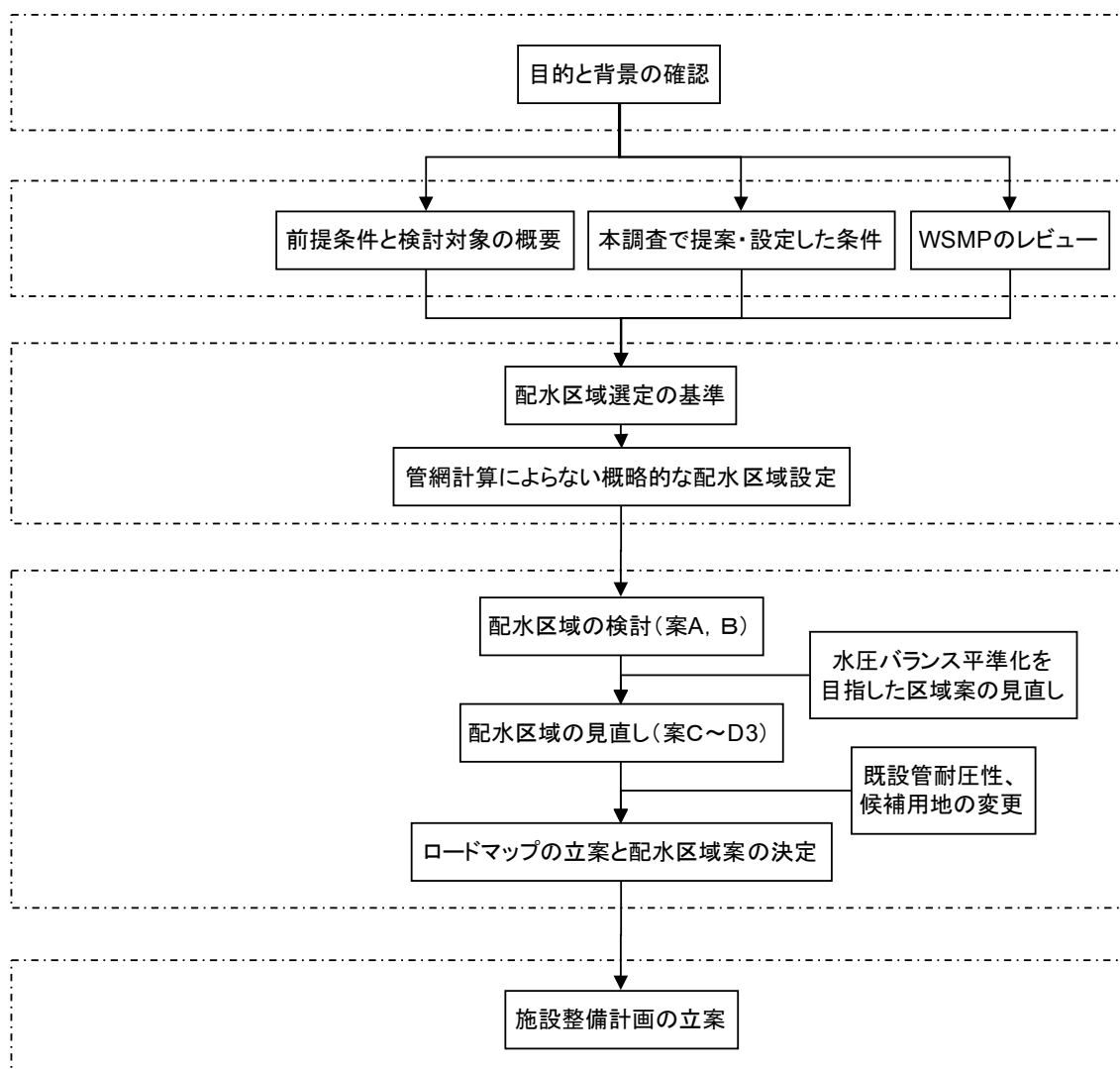


図 2-1-3. 配水システムに関する調査の検討の流れ

2-2. 配水モデル検討の前提条件

将来のホーチミン市における最適な配水ネットワークシステムの検討においては、

管網解析による検討を行い、水理的に実現可能性を確認しながら、評価指標に基づき検討を行った。その管網モデルについては、WSMP における技術検討のベースとなる VIWASE が作成した管網モデルを基に検討を行った。

また、検討にあたって必要となる諸条件については、WSMP のレビュー、C/P との協議の他、入手した管網モデルの確認などを基に設定した。

なお管網解析において使用するツールについては、次の理由から USEPA による EPANET2.0 を採用した。

- SAWACO が EPANET2.0 を使用しており、技術移転のため適切である
- WSMP の管網解析による検討が、EPANET2.0 を用いて実施
- 入手可能なホーチミン市水道の管網モデルが EPANET2.0 で作成されている

2-2-1 既存の配水モデルとその課題

● 既存の配水モデル

管網モデル作成に必要な諸条件設定に際し、既存の管網モデルについて確認を行った。その確認したモデルは、以下の通り。

- A. SAWACO（幹線事務所）が作成、メンテナンスしている管網モデル
- B. WSMP における技術検討を行った VIWASE が作成した管網モデル
- C. WB の技術支援を行っている Vitens-Evides International が作成した管網モデル

A については、幹線事務所が所管する 1、2 級管を対象に、現状の配水ネットワークを管網モデル化したものであり、節点数が多く（936 節点）、また現在の実需要を基に調整した需要節点が設定されたものである。

B については、WSMP の将来想定需要に基づいた需要節点を設定し、検討が行われた 2008 年当時の既存の基幹管路に加えて、WSMP 計画路線として、主要な 1、2 級管を対象に、将来の配水ネットワークを管網モデル化したものである（233 節点）。

C については、ホーチミン市一部地域（WB によるゾーニング区分の ZONE1, ZONE2）を対象として、1～3 級管を対象に現状の配水ネットワークを管網モデル化したものである。

将来の最適な配水ネットワークを検討するためには、将来想定需要に対して設定した水理条件を満足する管網モデルを、管網解析により確認しながら複数案を作成し、比較評価を行うことが必要である。このため、管網モデルの作成にあたっては、将来想定需要に対応した需要節点を設定し、既存基幹管路はもとより、将来計画路線について、道路整備計画等を考慮しながら設定する必要がある。

そこで WSMP の検討に使用された B をベースに、A との比較、C/P からのヒアリン

グを通じて、2008年当時の基幹管路、計画路線から変更、あるいは新設された路線を洗い出し、変更箇所を修正・反映し、各管網モデルの作成を行った。

(例. ADBの支援により Thu Duc 浄水場から市域中心部まで布設しているφ2,400mm幹線など)

● 既存の配水モデルにおける課題

前述の方針を踏まえ、将来管網の検討をするに当たり、WSMPにおける管網モデル(VIWASEの管網モデル)の分析を行い、課題の抽出・検討を行った。その結果は、以下のとおりである。

➤ 水圧条件の設定

VIWASEの管網モデルでは、モデル化の対象とした主要な1,2級管路で構成するネットワークの需要節点において、10m+G.L.の水圧を確保するよう検討が行われていた。

実際の配水ネットワークにおいては、主要な基幹管路から、さらに2級管、3級管に分岐して水利用者の給水管に至る過程において、損失水頭が発生し、水圧が低下することとなる。現状の管網においては1,2級管から3級管に至るまでに、5mあるいはそれ以上の損失水頭が見込まれ、主要な基幹管路において10m+G.L.とする水圧条件の設定は、給水管も含めた水道システム中で、コンタミネーションを防ぐために少なくとも有圧を確保するという観点から、十分とはいえない。またさらに、顧客メータにおいて10m+G.L.以上を確保するというベトナム建設省令の条件を満たすことも出来ない。

➤ 時間係数の設定

日配水量は、季節による気温変化や天候、平日と休日、テトなど祝祭日といった市民活動に与える影響の大きいイベント等に左右される(水需要の季節変動)。また、時間配水量は、一日24時間における市民生活や企業活動のスタイルに影響される(水需要の時間変動)。配水ネットワークを検討する上では、こうした水需要の変動要因を考慮して、どのような場合でも適切な水圧、水量で配水を継続できるよう、管路の口径や配水ポンプの緒元を計画、設計しなければならない。

WSMPの計画においては、水需要の季節変動を1.1(乾季の一日最大配水量の年平均一日配水量に対する倍率)と設定しているが、水需要の時間変動について考慮した技術検討がなされていない。これは現在、ホーチミン市では、市内のほとんどの地域で配水管水圧が1.0kgf/cm²(10m+G.L.)を切るなど、低水圧、出水不良の状況となっており、市民が水を使いたい時間帯に蛇口から水が出ないことから、多くの家庭等で、屋根上のステンレスタンク等を設置し、水圧状況が改善する深夜を中心に水をため、利用している状況である。このため、浄水場からの配水量として、水利用者の需要変動が直接配水量の時間変動として現われていないと考えられる。

しかしながら、将来の最適な配水ネットワークを検討するにあたっては、将来のホーチミン市における水利用状況を踏まえ適切な水需要を想定した時間変動についても設定をする必要があると考える。

参考まで、WSMP 管網モデルを用いた管網解析により 2025 年想定需要に対する水圧分布状況について、時間係数を見込まない場合を図 2-2-1 に、時間係数を 1.3 と仮定した場合を図 2-2-2 にそれぞれ示す。これによると、時間係数を見込まない条件では十分な水圧を確保できる結果となるが、時間係数を見込むと目標有効水頭 10m を下回る節点（水色）や負圧となる節点（青色）が浄水場から離れた市中西部に広がっている。

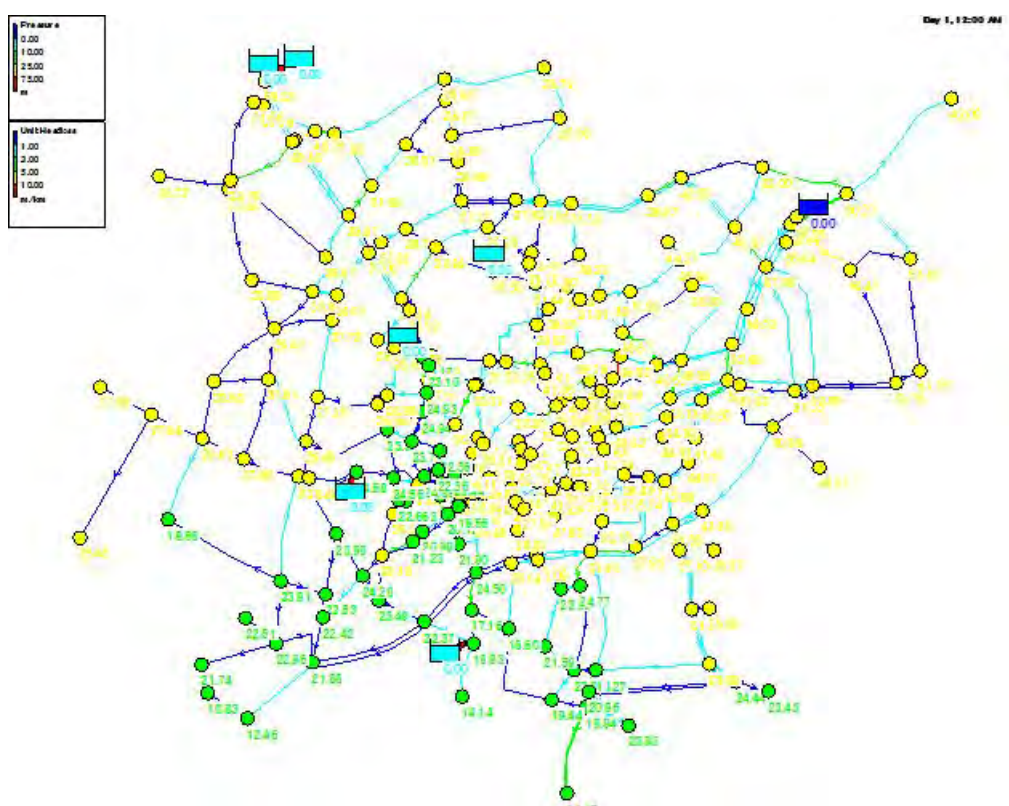


図 2-2-1. WSMP 管網モデルによる水圧分布（2025 年想定需要）

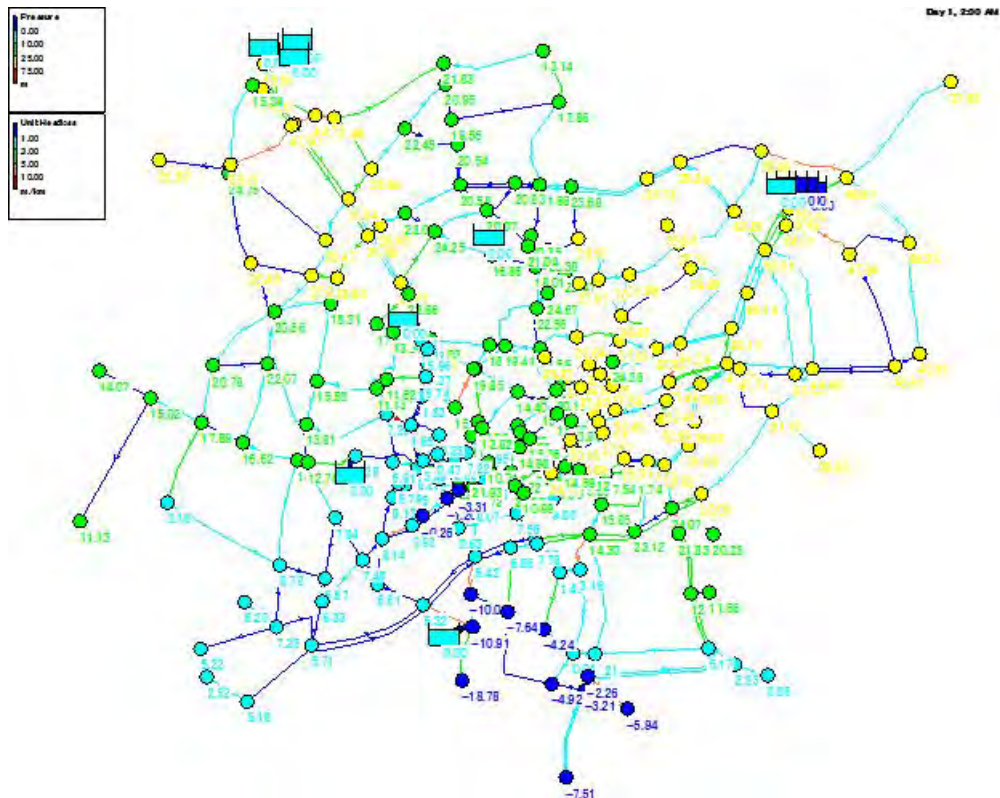


図 2-2-2. WSMP 管網モデルによる水圧分布（時間係数を 1.3 と仮定した場合）

➤ 配水区域の設定

ホーチミン市は、その水道システム構築において大阪市同様、給水区域が平坦な地域において配水ポンプによる圧送により配水する形態をとる。その場合、増加する水需要に対応し、域内全域に適切に配水するためには、配水システムの拡張過程において、浄水場の新設や拡張にあわせ、幹線のバルブを制限する、あるいは管路自体を分離して整備するなど、配水区域を設定し、配水圧をコントロールしていくことが必須となる。

しかしながら WSMP の計画においては、この配水区域について考慮をせず、市域全体を一つの配水区域として、配水ポンプ場吐出圧を調整し、各浄水場からの配水量を調整するよう計画されている。

この検討における管網解析上は、管路整備を最小限にて市域の配水圧を確保できる結果となっているが、実際の配水運用を行う上では、 $3,300,000\text{m}^3/\text{日}$ の配水量を一つの配水区域として複数の配水ポンプ場から水量・水圧を安定してコントロールすることは技術的に困難である。

ホーチミン市は過去において、配水区域を設定せず浄水場内の配水ポンプ場から直接配水を行っていたが、浄水場施設能力が水需要を下回っていたこともあり、大きな問題にはならなかった。実際には、BOO Thu Duc 浄水場の通水により、既存の Thu Duc

浄水場系統、Tan Hiep 浄水場系統、BOO Thu Duc 浄水場系統に、配水区域は分割設定されている。(市内水圧バランスが変化する際に、特に BOO Thu Duc 浄水場からの配水量を施設能力上限の 300,000m³/日一定に保つために行われている)

本調査検討においては、上記配水区域の設定について検討を行っていくとともに、配水圧のバランスを確保しながらコントロールするために、この配水区域に対し、配水ポンプ場あるいは配水場を適切に設置していくことも重要である。

2-2-2 SAWACO の給水区域の概要

管網モデル作成の参考とするため、SAWACO 給水区域内の行政区毎の面積、現在人口、標高分布について情報収集して整理した (表 2-2-1)。

● 標高について

標高の高いエリアは、9 区、Thu Duc であり、最高地点は 30m を超える。ThuDuc は平均標高でも 10m を超えている。GoVap、TanBinh は最高地点が 10m を超え、平均標高も 7m となっている。その他の区域は最高地点が 10m 未満であり、平均標高は 5m 以下となっている。

Thu Duc 浄水場は市域で最も標高の高いか所に設置されており、水理的に合理的な配置となっていると言えるが、地勢的にはほぼ平坦であり、配水ポンプによる圧送が必要である。(図 2-2-5.)

● 人口密度について

人口密度を見ると、中心部に集中している状況であり、北部、東部、南部、西部ともにこれから人口増が見込まれる地域となっている。(図 2-2-3.)

表 2-2-1. 行政区の概要

no	District	Area (km ²)	Location	Population In 4/2009, person	Density	区域内の標高(m)		
						Max	min	ave
1	1	7.73	center	178,878	23,141	9.4	1.3	4.0
2	2	49.74	East	145,981	2,935	4.8	0.3	1.2
3	3	4.92	Center	189,764	38,570	8.2	3.5	4.8
4	4	4.18	Center	179,640	42,976	1.8	1.3	1.5
5	5	4.27	Center	170,462	39,921	3.8	1.1	2.1
6	6	7.19	Center	251,912	35,036	1.9	0.4	1.2
7	7	35.69	South	242,284	6,789	6	0.4	1.1
8	8	19.18	Center	404,976	21,114	2.1	0.6	1.2
9	9	114	East	255,036	2,237	33.5	0.1	4.1
10	10	5.72	Center	227,226	39,725	4.4	2.9	3.7
11	11	5.14	Center	226,620	44,089	5.4	1.4	3.0
12	12	52.78	Center	401,894	7,615	11	-0.4	2.8
13	Phu Nhuan	4.88	Center	174,497	35,758	8.4	1.5	4.7
14	Tan Binh	22.38	Center	412,796	18,445	13.5	2.5	7.0
15	Tan Phu	16.06	Center	397,635	24,759	6.4	2.2	3.8
16	Binh Thanh	20.76	Center	451,526	21,750	9.9	0.4	2.4
17	Go Vap	19.74	North	515,954	26,137	10.9	0.7	7.0
18	Thu Duc	47.76	North, East	442,110	9,257	30.6	0.4	10.4
19	Binh Tan	51.89	West	572,796	11,039	4.6	0.2	1.7
20	Cu Chi	109.18	North	343,132	3,143	-	-	-
21	Hoc Mon	109.18	North	348,840	3,195	12.6	0.3	3.3
22	Binh Chanh	252.69	South, West	421,996	1,670	5.1	0.1	1.2
23	Nha Be	100.41	South	99,172	988	2.5	0.1	0.9
24	Can Gio	704.22	South	68,213	97	-	-	-
(source)		WSMP table2.10		WSMP table2.10		digital 25000		

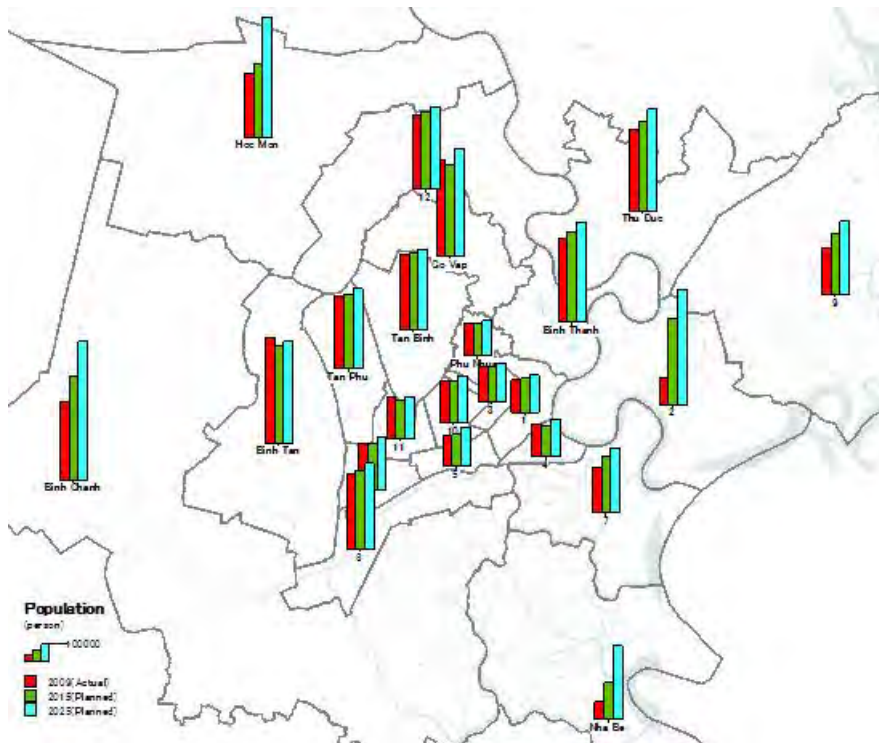


図 2-2-3. 行政区の現在人口、WSMP における将来想定人口

その他、将来の最適な配水ネットワークの検討にあたり、施設整備計画を考慮する上で参考となる都市計画情報などについては、以下の通りである。

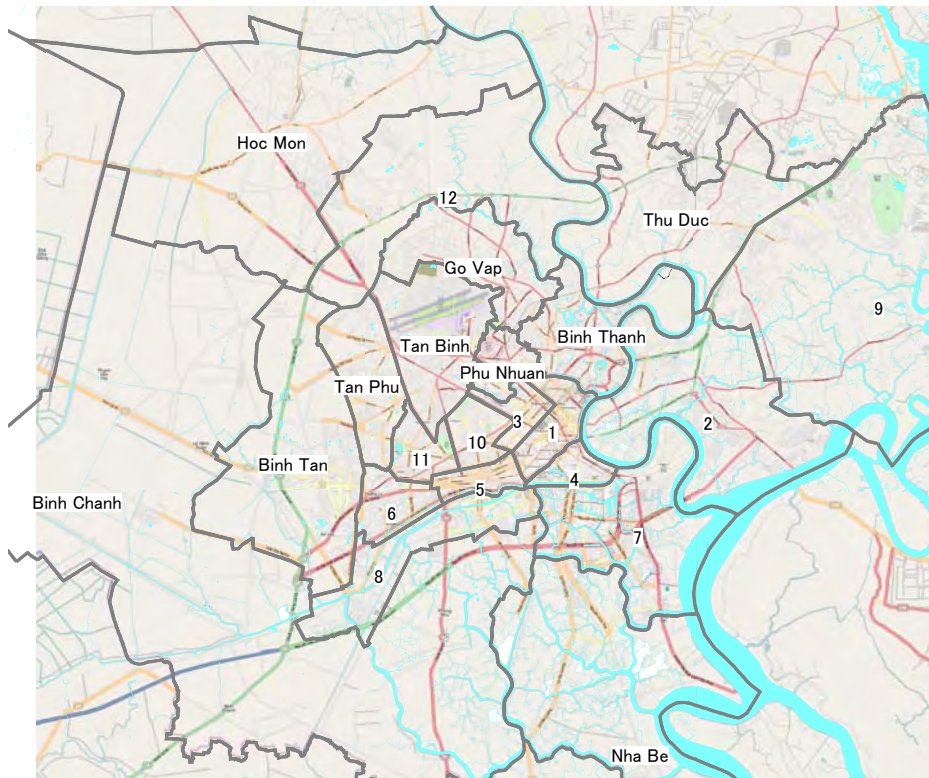


図 2-2-4. 都市計画道路の概要

図 2-2-4.は都市計画道路の概要である。幹線道路は一定整備されているものの、モーターバイクによる渋滞などが頻発している状況である。既存の基幹管路は現在の幹線道路に沿って布設されているとともに、WSMP 計画路線は、将来の都市計画道路に沿って計画されている。

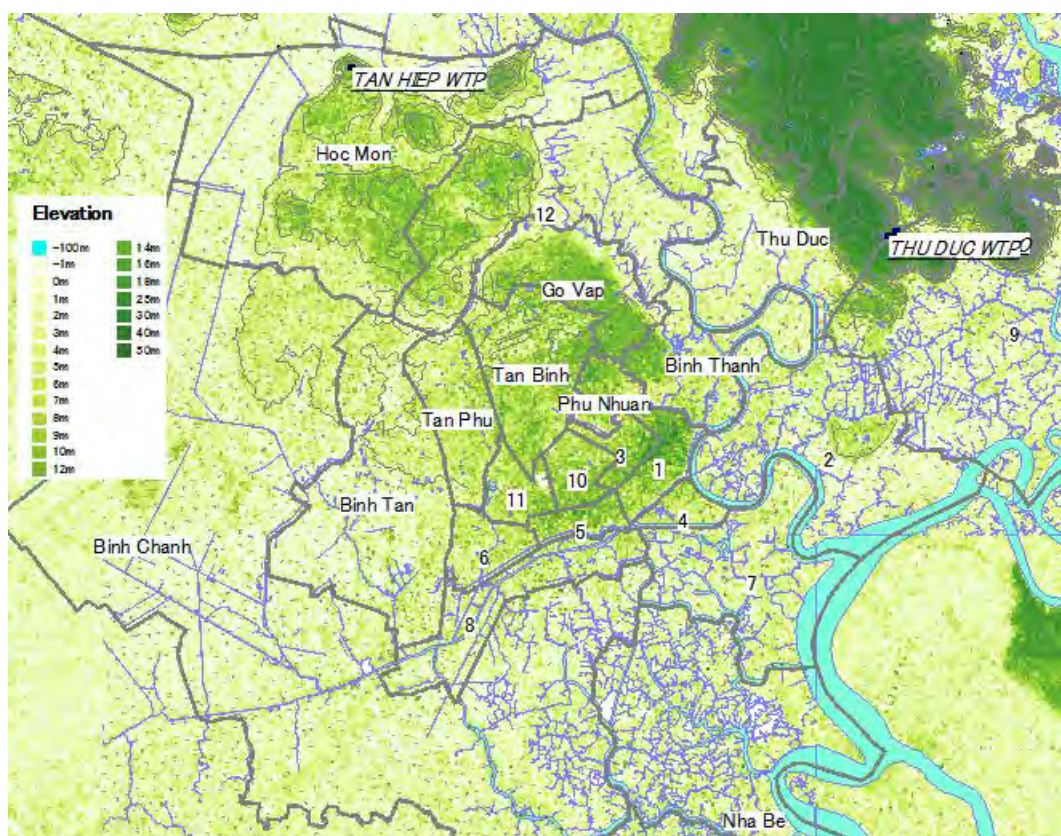


図 2-2-5. 行政区の概要（地形）

図 2-2-5.は地形の概要である。ほぼ平坦な地勢であるほか、市内が Sai Gon 川、Dong Nai 川と、自然、人口の運河により複雑に分断されている。配水区域設定においては、幹線道路や河川を境界として設定する必要がある。これは、小口径管路の横断が施工面で困難であり、コスト面からも難しいためである。

2-2-3 モデル検討における前提条件の設定

ホーチミン市の将来における最適な配水ネットワークを検討するためには、管網解析などを行う上での検討条件として、目標として確保すべき水圧や、水圧の上限、水源として設定する浄水場とその施設能力をどのようにするのか（水源設定）、時間係数（後述）をどのようにするのか、といった水理条件を設定する必要がある。WSMP における技術検討内容を踏まえ、次の通り、設定条件等について検討を行った。

● 目標水圧の設定

配水管における目標水圧は、将来ホーチミン水道が目指すべき給水サービスレベルとも言うことが出来る。

公衆衛生の確保の観点から、水道システム中のあらゆるか所において有圧を確保することが、最低限満たすべき条件となる。一方で、日本をはじめとした先進国においては、2階直結給水、3階直結給水ができる水圧を目標にするなど、より高い給水サービスレベルで配水を行っている。

WSMPにおける技術検討においては、管網モデルに反映した主要な1,2級管(幹線)において、10m+G.L.を確保するよう設定されている。これは、関連法規として、水道施設にかかるベトナム建設省令では、顧客メータにおいてG.L.+10m以上を確保するよう定められていることによるものと推察される。

日本においては、厚生労働省の「水道施設の技術的基準を定める省令」で次のように定められている。

第七条（配水施設） 配水施設は、次に掲げる要件を備えるものでなければならない。

（前略）

第八条 配水管から給水管に分岐する箇所での配水管の最小動水圧が百五十キロパスカルを下らないこと。ただし、給水に支障がない場合は、この限りでない。

第九条 消火栓の使用時においては、前号にかかわらず、配水管内が正圧に保たれていること。

第十条 配水管から給水管に分岐する箇所での配水管の最大静水圧が七百四十キロパスカルを超えないこと。ただし、給水に支障がない場合は、この限りでない。

（後略）

配水管における目標水圧は、配水ネットワークの計画検討において使用するものであり、目標水圧を確保するよう配水管口径や配水ポンプ緒元を計画し、設計施工が行われる。

一方、実際の配水施設の運転管理、維持管理においては、漏水事故やポンプ停止事故、洗浄排水作業や経年管路の更新工事といった様々な事由で断水や減圧が発生するが、このような場合においても、最低限確保されるべき水圧を確保して配水を継続することができるよう、目標水圧は、最低限確保されるべき水圧に一定の余裕を見て設定することが重要である。

また、給水管や宅内給水装置の設計・施工において、最低限確保されるべき水圧を配水管における設計水圧として設定し、この水圧条件を基に、給水管、給水装置が有圧を確保するようにすることが、蛇口に至るまで有圧を確保し、安全な水道水を送るために重要となる。

以上のことを踏まえ、管網解析において各需要節点で確保すべき目標水圧については、次のように設定した。

- 1,2 級管目標水圧 : 25m+G.L.以上
- 3 級管目標水圧 : 20m+G.L.以上
(3 級管で最低限確保されるべき水圧 : 15m+G.L.)

表 2-2-2. SAWACO の管路分類 (参考)

管路分類	主な口径	備考
1 級管	600mm 以上	幹線事務所所管
2 級管	350mm から 600mm 未満	幹線事務所所管
3 級管	350mm 以下	給水会社所管 給水分岐を認める

現状の管網状況から、1、2 級管から 3 級管に至るまでの間で、5m 以上の損失水頭が見込まれる。一方、現状の 3 級管の状況 (250mm の uPVC 管など 2000 年以後に布設されたものが中心)、需要に対して比較的余裕をもった口径であると考えられるため、実際には 5m 程度の損失水頭を見込んでおくことで十分であると考えられる。

また、3 級管で最低限確保されるべき水圧として、設計水圧を 15m+G.L.とし、給水管、給水装置を適切に設計することで、ベトナム建設省令である顧客メータで 10m+G.L.を十分満たすことができる。

なお、目標水圧設定において、ホーチミン市のエリアごとの都市計画 (建築物の階高さなど) を基に個別設定も検討対象となるが、都市計画には、住宅や建築物の階高制限あるいは階高にかかる計画は存在せず、水道料金と給水サービスの公平性の観点から、異なるサービスレベルの設定には問題があるため、本調査の条件設定からは除外した。

● 水源設定

WSMP の検討内容を踏まえ、2025 年までの浄水施設拡張計画に基づき、水源を設定した (図 2-2-6.参照)。

Sai Gon System Basic Flow

Dong Nai System Basic Flow

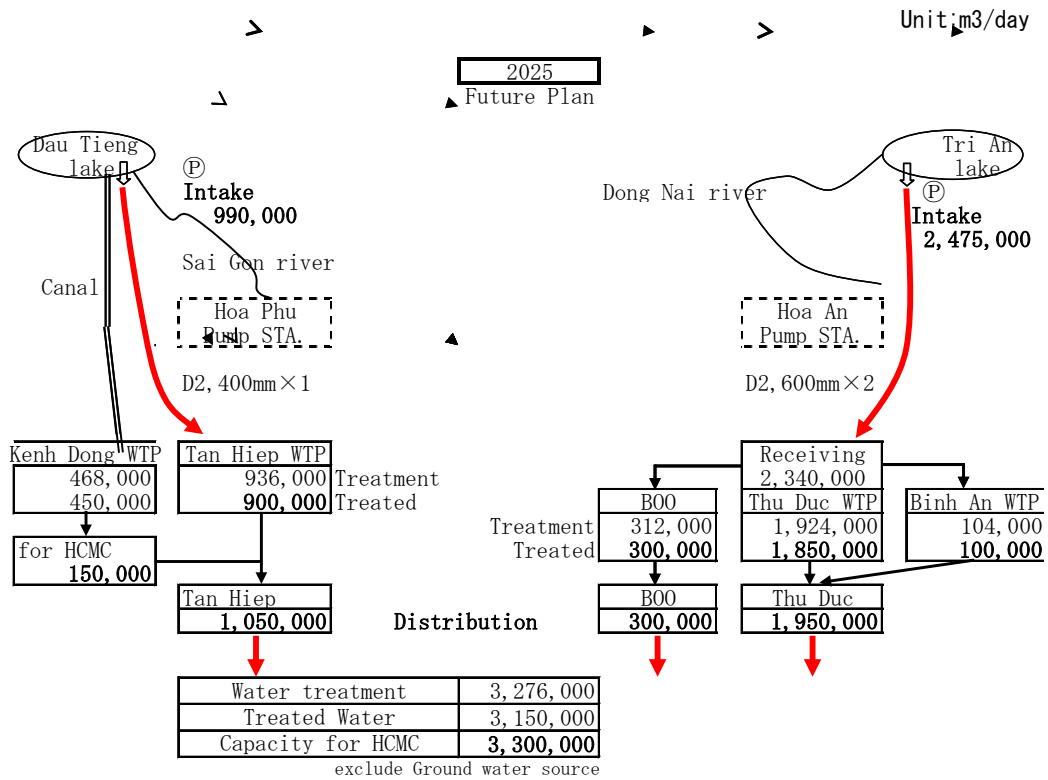


図 2-2-6. 水源と配水施設の能力

Thu Duc 浄水場システムの施設能力については、Binh An 浄水場からの送水（Thu Duc 浄水場内配水池への送水）100,000m³/day を見込んだものとしている。

Tan Hiep 浄水場システムの施設能力については、Kenh Dong 浄水場（建設中）からの送水（Tan Hiep 浄水場内配水池への送水）150,000m³/day を見込んだものとしている。

なお、市内に複数存在する地下水源による浄水場（WSMP によると、2025 年の施設能力が合計 100,000m³/日）については、C/P に確認したところ、バックアップ機能として確保するものであり、平常時は給水しない計画であるため、配水システム検討における管網モデルの水源対象からは除外した。

表 2-2-3. 浄水場拡張計画 (2025 年)

		Capacity (m ³ /day)
Thu Duc I	Existing	750,000
Binh An	Existing	100,000
Thu Duc III	Planned	300,000
Thu Duc IV	planned	300,000
Thu Duc V	planned	500,000
Thu Duc total		1,950,000
BOO Thu Duc	existing	300,000
Tan Hiep I	existing	300,000
Kenh Dong (for HCMC)	planned	150,000
Tan Hiep II	planned	300,000
Tan Hiep III	planned	300,000
Tan Hiep total		1,050,000
HCMC total		3,300,000
Grandwater source	backup	100,000

● 需要設定

将来の最適な配水ネットワーク検討において、重要な前提条件となるのが将来需要予測である。

WSMP では、生活用、工場用、公共用、業務営業用、非居住者用という 5 つの用途に分けて需要予測を行っており、それぞれの原単位や関連指標は、以下に示すとおりとなる。

表 2-2-4. 生活用水の供給率と原単位

	2015		2025	
	Served percentage	Standard (l/person/day)	Served percentage	Standard (l/person/day)
Old inner city	100%	180	100%	180
New inner city	98%	180	100%	180
Suburb area	98%	130	100%	180

WSMP table 8.4.

表 2-2-5. 工場用水の原単位

Industrial use	35	m3/ha/day
Small industry	5-10%	(生活用水量との比)

表 2-2-6. 公共用・業務営業用の使用水量

Public services	5-10%	(生活用水量との比)
Commercial services	5-10%	(生活用水量との比)

表 2-2-7. 非居住者の割合と原単位

	2015		2025	
	Non-resident rate according to total city population	Standard (l/person/day)	on-resident rate according to total city population	Standard (l/person/day)
Old inner city	15%	35	25%	35
New inner city	15%	30	25%	30
Suburb area	15%	25	25%	25

これらの設定に基づく具体的な行政区別の需要予測は、収集した資料では、WSMPの技術検討において作成されたVIWASEによる管網モデルにおいて行われていた。その内容は表 2-2-8.に示すとおりである。

表 2-2-8. 行政区別想定需要と想定人口、工業地域面積

District	design maximum daily supply		Population in 2025 (persons)			IndustrialZone (ha)
	2015	2025	Minimum	Maximum	Average	
1	65,877	69,932	200,000	205,000	203,000	
2	152,187	218,709	600,000	650,000	625,000	124
3	67,658	73,429	200,000	220,000	210,000	
4	60,536	71,680	200,000	210,000	205,000	
5	62,316	73,429	200,000	220,000	210,000	
6	89,023	101,401	280,000	300,000	290,000	
7	100,378	121,505	350,000	350,000	350,000	300
8	151,340	162,592	450,000	480,000	465,000	
9	145,055	200,620	400,000	400,000	400,000	460
10	78,340	87,415	240,000	260,000	250,000	
11	72,999	80,422	210,000	250,000	230,000	
12	137,403	157,566	450,000	450,000	450,000	28

Phu Nhuan	62,316	66,435	180,000	200,000	190,000	
Tan Binh	149,559	153,850	420,000	460,000	440,000	
Tan Phu	151,151	158,813	400,000	465,000	433,000	134
Binh Thanh	174,486	188,816	520,000	560,000	540,000	780
Go Vap	176,266	202,803	500,000	670,000	585,000	
Thu Duc	163,014	198,188	550,000	550,000	550,000	151
Binh Tan	197,256	216,334	550,000	550,000	550,000	
Cu Chi	170,000	274,000	700,000	800,000	750,000	1,215
Hoc Mon	86,943	189,473	600,000	700,000	650,000	210
Binh Chanh	120,928	252,441	700,000	800,000	750,000	248
Nha Be	83,695	175,717	400,000	400,000	400,000	952
Can Gio	31,274	74,430	200,000	300,000	250,000	105
URBAN	2,257,160	2,603,939	6,900,000	7,450,000	7,176,000	1,977
SUB-URBAN	492,840	966,061	2,600,000	3,000,000	2,800,000	2,730
TOTAL	2,750,000	3,570,000	9,500,000	10,450,000	9,976,000	4,707
exclude for Cu Chi	2,580,000	3,296,000	8,800,000	9,650,000	9,226,000	3,492
(source)	table8-7 (VIWASE)	table8-8 (VIWASE)	WSMP table5.2	WSMP table5.2		table8-7 (VIWASE)

本調査は、WSMPに基づき配水システムを検討するものであり、VIWASEによる管網モデルの需要設定をベースに検討を行う。一方、C/Pへのヒアリングにより、将来需要予測にかかる様々な都市計画関連資料の存在が明らかになったため、これらを収集し、WSMPにおける将来需要予測の妥当性について比較し確認を行った。

本調査にて確認検討した資料は、都市計画マスタープラン、ホーチミン市社会経済マスタープラン（未承認）、ならびに各区の都市計画マスタープラン(Revised)の行政区別の将来想定人口であるが、その比較結果を表 2-2-9 に示す。

行政区ごとの内訳にはバラツキが生じているものの、いずれの推計値もホーチミン市全体では 10,000,000 人とほぼ一致している。

ちなみに社会経済マスタープランは、未承認であり承認時期も未定であること、既存人口動向に基づく統計的予測であり将来の都市計画に基づく予測となっていない。また各区の都市計画マスタープラン(Revised)は、ホーチミン市の承認が得られていない状況である。

以上を踏まえて、VIWASEによる管網モデルの需要設定を、WSMPに整合するよう修正して検討を行った。

表 2-2-9. さまざまな将来想定人口(参考)

No.	District	Source: HCMC Statistical Book	(A)			(B)			(C)	(D)	(E)		
			Existing	Forecast		The Adjustment of HCMC Master Plan: approved at Decision #24/QĐ/TTg			Revised Master Plans of Districts	HCM City Economic – Social Master Plan	Estimated population provided by SAWACO		
				2010	2025	(average)	2025	2020-2025	Forecast	Tối thiểu	Tối đa	average	
1	Quận 1	187,435	200,000	- 205,000	203,000	200,000	- 205,000		168,512	157,000	193,000	175,000	
2	Quận 3	188,945	200,000	- 220,000	210,000	200,000	- 220,000	220,000	194,943	169,000	189,000	179,000	
3	Quận 4	183,261	200,000	- 210,000	205,000	200,000	- 210,000	210,000	187,329	146,000	160,000	153,000	
4	Quận 5	174,154	200,000	- 220,000	210,000	200,000	- 220,000		185,711	149,000	164,000	156,500	
5	Quận 6	253,474	280,000	- 300,000	290,000	280,000	- 300,000	315,000	289,016	246,000	270,000	258,000	
6	Quận 8	418,961	450,000	- 480,000	465,000	450,000	- 480,000	480,000	488,169	456,000	514,000	485,000	
7	Quận 10	232,450	240,000	- 260,000	250,000	240,000	- 260,000	260,000	253,669	193,000	209,000	201,000	
8	Quận 11	232,536	210,000	- 250,000	230,000	210,000	- 250,000	250,000	246,669	175,000	190,000	182,500	
9	Quận Gò Vấp	548,145	500,000	- 670,000	585,000	500,000	- 670,000	670,000	650,182	489,000	549,000	519,000	
10	Quận Tân Bình	430,436	420,000	- 460,000	440,000	420,000	- 460,000	460,000	501,554	419,000	663,000	541,000	
11	Quận Tân Phú	407,924	400,000	- 465,000	433,000	400,000	- 465,000	465,000	569,154	408,000	456,000	432,000	
12	Quận Bình Thạnh	470,054	520,000	- 560,000	540,000	520,000	- 560,000	560,000	543,223	511,000	566,000	566,000	
13	Quận Phú Nhuận	175,175	180,000	- 200,000	190,000	180,000	- 200,000	200,000	224,026	162,000	173,000	167,500	
	Existing Inner District	3,902,950	4,000,000	- 4,500,000	4,251,000	4,000,000	- 4,500,000		4,502,157	3,169,000	4,296,000	3,732,500	
14	Quận 2	140,621	650,000	- 600,000	625,000	650,000	- 500,000	630,000	190,204	577,000	681,000	629,000	
15	Quận 7	274,828	350,000	- 350,000	350,000	350,000	- 400,000	400,000	397,945	330,000	408,000	369,000	
16	Quận 9	263,486	400,000	- 400,000	400,000	400,000	- 500,000	500,000	381,763	336,000	366,000	351,000	
17	Quận 12	427,083	450,000	- 450,000	450,000	450,000	- 450,000	450,000	535,576	609,000	749,000	679,000	
18	Quận Thủ Đức	455,899	550,000	- 550,000	550,000	550,000	- 500,000	550,000	578,749	550,000	642,000	596,000	
19	Quận Bình Tân	595,335	550,000	- 550,000	550,000	550,000	- 550,000	550,000	861,477	601,000	711,000	656,000	
	New Inner District	2,157,252	2,950,000	- 2,900,000	2,925,000	2,950,000	- 2,900,000		2,945,714	3,003,000	3,557,000	3,280,000	
	Inner District	6,060,202	6,950,000	- 7,400,000	7,176,000	6,950,000	- 7,400,000		7,447,871	6,172,000	7,853,000	7,012,500	

20	Huyện Củ Chi	355,822	700,000	-	800,000	750,000	800,000	-	700,000	800,000	714,223	744,000	996,000	870,000
21	Huyện Hóc Môn	358,640	600,000	-	700,000	650,000	700,000	-	600,000	650,000	719,101	472,000	604,000	538,000
22	Huyện Bình Chánh	447,292	700,000	-	800,000	750,000	850,000	-	700,000	850,000	832,096	694,000	925,000	809,500
23	Huyện Nhà Bè	103,793	400,000	-	400,000	400,000	400,000	-	400,000	400,000	237,766	273,000	375,000	324,000
24	Huyện Cần Giờ	70,697	200,000	-	300,000	250,000	300,000	-	200,000	300,000	100,120	160,000	240,000	200,000
	Suburban Districts	1,336,244	2,600,000	-	3,000,000	2,800,000	3,050,000	-	2,600,000		2,603,306	2,343,000	3,140,000	2,741,500
	Entire city	7,396,446	9,550,000		10,400,000	9,976,000	10,000,000		10,000,000		10,051,177	8,515,000	10,993,000	9,754,000

(注) 収集データについて

- A) VIWASE により作成された WSMP のデータ
- A') VIWASE により作成された WSMP の検討に用いた管網解析のための節点需要データ (人口予測、工業団地面積予測、水需要原単位を含む)
- B) HCMC M/P のデータ
- C) 各区の都市計画マスタープランのデータ
- D) 社会経済マスタープラン (検討中) のデータ
- E) 各区の人口予測データ

(補足) 節点需要の修正

WSMP の技術検討に用いられた管網モデルと、将来需要予測を行った計算資料に不整合があったため、検討を行った VIWASE にヒアリングを行いながら、首相承認された WSMP の内容に整合するように、次の通り修正を行っている。

- 行政区別想定需要水量の合計が 3,538 千 m³/d となっていた。3,570 千 m³/d が正。(M/P table8.5)
- 生活用原単位 Suburb 以外が 200 l/capita-day となっていた。180 l/capita-day に修正。(M/P table8.4, M/P table8.8 from VIWASE)
- Public water が 10% となっていた。7% に修正。(M/P table8.8 from VIWASE)
- Industrial Zone の面積が 6,892 ha となっていた。7,042 ha となる district 別内訳に修正。(M/P 8.3.2., M/P table8.8 from VIWASE)
- Industrial Zone の原単位が 40 となっていた。35 に修正。(M/P table8.8 from VIWASE)
- Service industry が 10% となっていた。7% に修正。(M/P table8.8 from VIWASE)
- Lossing water が 22~17% となっていた。30~22% に修正。(M/P table8.8 from VIWASE)
- HocMon の CN (Central industrial zone) が欠落していた。SH (Domestic, Non-resident) と同じ比率で節点に配分した。
- CuChi の CN (Central industrial zone) のうち BanDungIZ が欠落していた。節点水量配分には影響なし。
- BinhChanh の NODE QL1-Di.La に節点需要 35,000m³/d が加算されていた。ポンプ STA の流入量とみられるが、この流入量は既に節点に配分されていること、ポンプ STA からの配水エリア、管網など検討されていないことから、この流入量は削除した。

2-3. 配水モデルの検討

2-3-1 管路設定

管路設定については、一般的に経済的であるとされる動水勾配(2m/km~3m/km)と、配水区域の水圧バランス、既設管のネットワーク形態と計画路線の配置などを勘案しながら、水圧条件を満たすよう修正しながら、複数の代替案について検討を行った。

給水区域全域を対象に、将来想定需要に対して検討を行うため、1、2級管のうち水理的に主要な路線を対象に、管網モデルの構築を行った。

なお、VIWASE 管網モデルが 2008 年当時に作成されたものであるため、一部既設管路や計画路線が現状と整合しない箇所については、SAWACO（幹線事務所）から入手した現状管網の CAD データ (hoa do tong the 80626.dwg) を参照して、既設管路に対して必要な修正を行うとともに、管網解析結果に大きな影響を与える主要な計画路線の口径変更 (Thu Duc 浄水場から市域中心部への基幹管路を、φ2,000mm から φ2,400mm に変更) について、修正を行った。

2-3-2 水需要の時間変動設定

水需要の時間変動において、計画時間最大配水量の時間平均配水量に対する比率を時間係数と呼び、配水管口径や配水ポンプ緒元を検討する上で、重要な基礎となる値となる。この時間係数を用いて管網解析を行い、適切な配水圧が確保されるよう配水ネットワークを計画することにより、将来の想定需要に対して、安全に配水を行うことができる。

しかしながら、WSMP の技術検討内容をレビューした結果、WSMP における将来管網検討において、水需要の時間変動については考慮されていなかった。一方、今後の水道施設の拡張整備に伴い、水圧など給水サービスレベルが向上していくにつれて、水利用者の水使用原単位や時間変動が近隣諸国の先進都市や先進国と同様に変化すると考えられ、この時間変動については検討が必須になると考えられる。

そこで、将来のホーチミン市における水需要の時間変動パターンを適切に予測するため、関連資料の収集等を行い、これを検討した。

● 時間係数について

WSMP、水道施設にかかるベトナム建設省令（設計基準）、タイ・バンコク M/P の設定、日本の水道施設設計指針、大阪市水道局柴島浄水場配水実績を表 2-3-1 に示す。

表 2-3-1. 様々な時間係数（計画・実績）

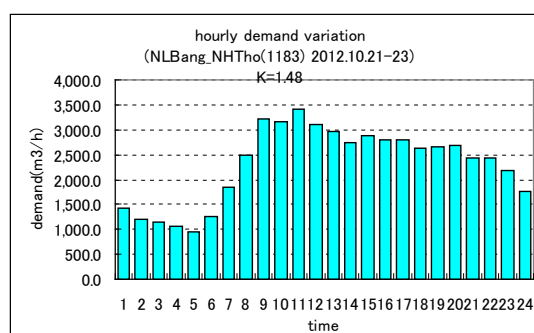
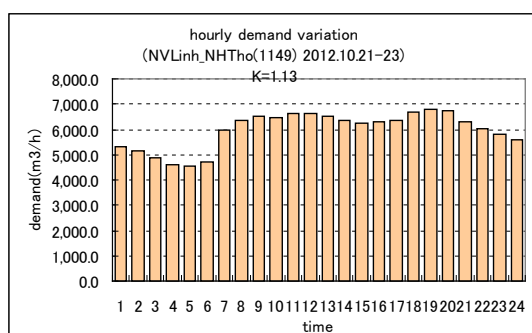
	Seasonal	Hourly
HCMC WSMP	1.10	—
Vietnam (TCXDVN 33-2006)	1.10~1.20	1.20~1.50 (ハノイ市、ホーチミン市等大都市は小さい)
Bangkok M/P (1970)	1.20	1.29
	in total	→ K = 1.55
Japanese Criteria	1.25	1.50
Osaka Kunijima (29 JUN 2011)	1.25	1.33

将来のホーチミン市における時間係数および時間変動パターンを設定するため、現在の各地点における流量計計測値などの実施収集を実施した（図 2-3-1）。

収集されたデータのうち、以下の3つを考慮して、BOO Thu Duc 浄水場系統配水区域にある、Nha Be 給水会社管内の DMA 流量計計測データに基づき、時間変動パターンと時間係数を設定することとした。（図 2-3-2）

- 比較的水圧が高いこと
- 比較的最近開発された地区であり将来の水利用者の水利用形態に近いと推察されること
- 漏水率が 20%程度と 2025 年の目標漏水率に近いこと

なお、漏水率 20%を含む時間係数は 1.24、漏水率 20%を除外した正味の時間係数としては 1.3 となる。（図 2-3-3）



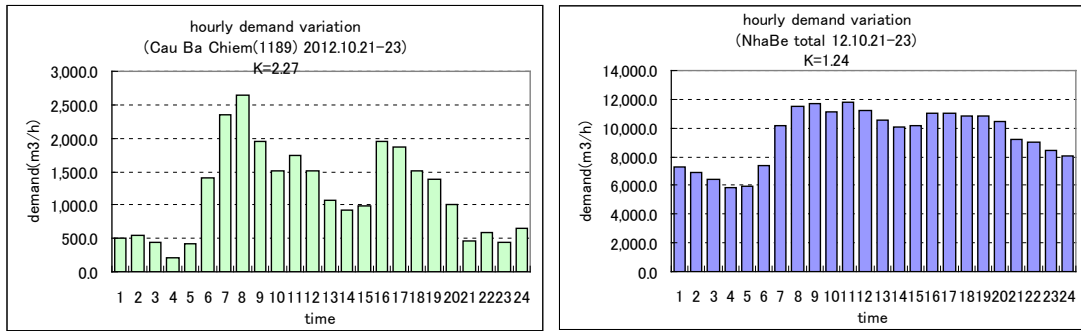


図 2-3-1. ホーチミン市における時間変動の実績

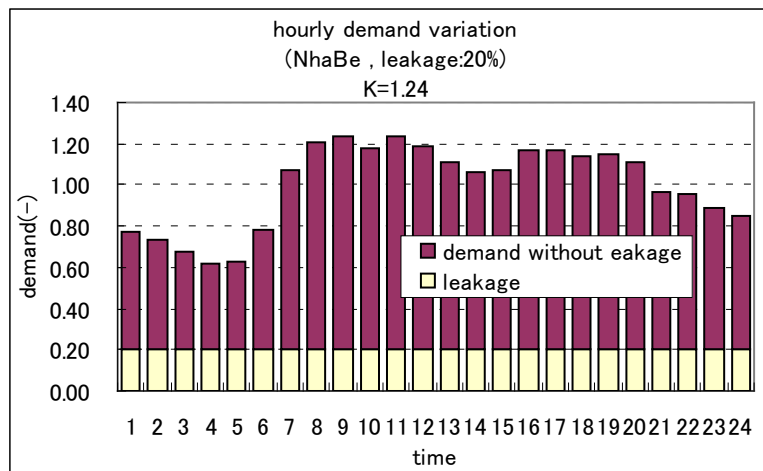


図 2-3-2. Nha Be 地区における時間変動

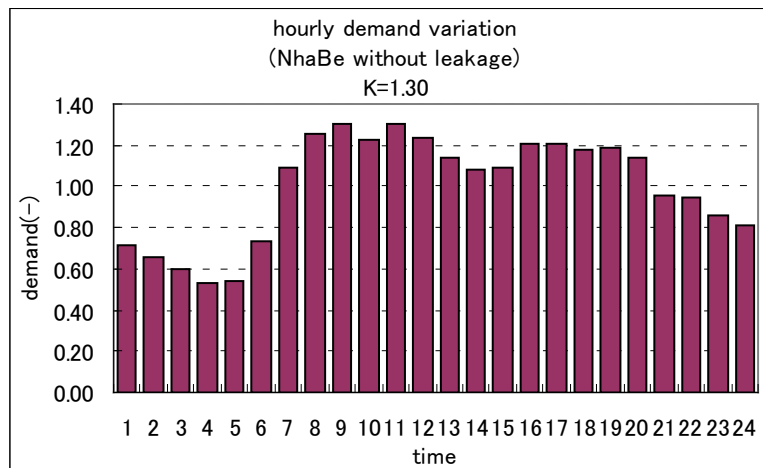


図 2-3-3. 計画時間変動

2-3-3 配水池設定

配水池は、浄水場からの送水を受け、受け持つ配水区域の水需要の変動（季節変動や時間変動など）に応じた配水を行うためのバッファ機能を持つ池である。すなわち配水量の時間変動を調整する機能とともに、非常時にも一定の時間、所定の水量、水圧を維持できる機能を持つことが、配水池の機能として重要となる。

大阪市と同様、ほぼ平坦な地勢であるホーチミン市でも、適切かつ均等な配水圧力を確保するため配水区域を設定する必要がある、本調査における最適モデル検討においては、これら配水区域に対応する配水池を、浄水場内あるいは市域に設ける案を中心としていくこととした。

実際の管網モデル構築においては、容量配水区域設定に応じて定まる計画一日最大配水量に対応して、必要な配水池容量を確保するよう、浄水場内の配水池あるいは市域配水場配水池を設定した。

● 配水池容量

配水池の検討において、上記配水池の機能を十分果たすことができるよう、時間変動調整容量、非常時対応容量を勘案して設定しなければならない。

時間変動調整容量は、浄水量あるいは送水量と配水量の調整のためのバッファ機能としての容量である。浄水施設は、浄水処理の安定性の観点から、基本的には毎時一定量の浄水を処理する。一方、配水量には時間変化があるので、使用水量が減少する夜間は、時間配水量を上回る送水量を配水池に貯え、使用水量が増加する昼間においては、送水量を上回る配水量を配水池から流出させ、需給の均衡を図る機能が必要となる。

これが、配水池の基本的な機能として最低限確保しなければならない容量となり、配水池の有効容量として確保する時間変動調整容量は、計画一日最大給水量時の時間平均配水量を超過する時間配水量を時間ごとに累計して求める。

ここで、図 2-3-3(or 2-3-2)で設定した時間変動パターンに基づいて時間変動調整に必要な時間容量*を算出する。配水池流入流量を時間平均流量と仮定して、配水量が流入量を下回る 6:00 までは流入超過により貯水量が増加し、その後配水量が流入量を上回る 21:00 まで貯水量が減少することから、流出量が流入量を上回る累積量を求め、これを計画一日最大配水量で除すことにより必要容量が求められる。(2.1 時間、図 2-3-4)

*時間容量とは

配水池の容量を一日配水量（24 時間分）に対して何時間分となるかで表した値である。たとえば、計画一日配水量 $60,000\text{m}^3/\text{日}$ に対して、 $20,000\text{m}^3$ の配水池の時間容量は、以下の通りとなる。

$$20,000\text{m}^3 \div 60,000\text{m}^3/\text{日} = 1/3 \text{ 日} = 1/3 \times 24 \text{ 時間} = 8 \text{ 時間}$$

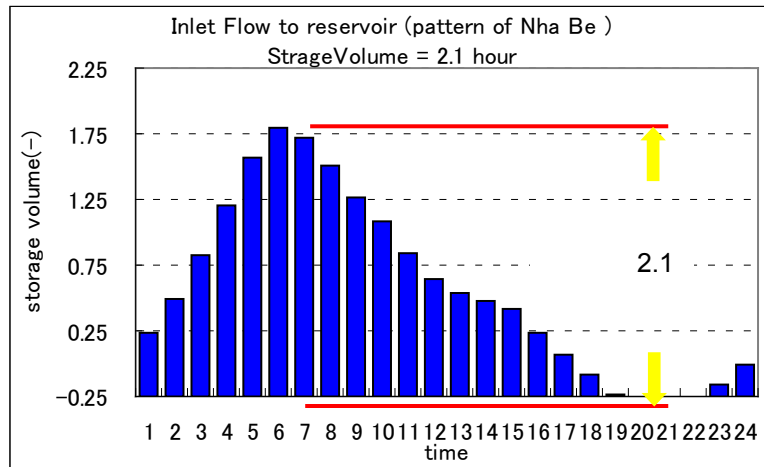


図 2-3-4. 時間変動調整に必要な時間容量

● 浄水場内配水池容量

浄水場内の既設配水池については、浄水池の機能と配水池の機能を兼用している。浄水池は、ろ過水量と送水量（配水量）の間で生じる不均衡を調整緩和するとともに、原水水質原水水質の変化や薬品注入設備の故障等により、浄水処理を緊急停止する場合にも配水を継続するための容量を確保する必要がある。すなわち浄水場内配水池は、必要となる配水池容量を、浄水池容量と配水池容量の合計を満たすよう確保しなければならない。

そこで配水池について検討するに当たり、SAWACO の現在の配水ネットワークにおける配水区域設定を継続した場合の将来の想定需要に対して、必要な浄水場内配水池の容量を試算した（表 2-3-2.）。ここで、浄水池として必要となる容量については、日本の水道施設設計指針で「計画浄水量の 1 時間以上」としている。

表 2-3-2. 浄水場内配水池の容量(参考)

	施設能力 (m^3/day)	既設浄水場内 配水池(m^3)	浄水池として 必要な容量(m^3)	時間変動調整容量 (m^3)	差し引き (m^3)
	[A]	[B]	[C] = [A] / 24 x 1.0	[D] = [A] / 24 x 2.1	[E] = [B] - [C] - [D]
ThuDuc subtotal	1,950,000	270,000	81,000	171,000	18,000
BOO subtotal	300,000	40,000	13,000	26,000	1,000
TanHiep subtotal	1,050,000	102,000	44,000	92,000	-34,000

結果として、Tan Hiep 系では浄水場内配水池が約 $34,000m^3/日$ 不足することとなり、水需要の時間変動を考慮すると、Tan Hiep 系統では配水池の機能を考えた場合、容量が不足していることを意味している。

● 市域配水場配水池容量

配水池容量は、前述の通り浄水量と配水量との時間変動差異を調整するための容量を最低限確保しつつ、さらに非常時対応容量などを見込んで設定する必要がある。

日本の水道施設設計指針では、配水区域の計画一日最大給水量の12時間分を標準とし、水道施設の安定性等を考慮して増量することが望ましいとしている。しかしながら、これは、特に震災時等異常時に確保すべき水量を考慮して設定されたものであり、途上国において適用するには過大であると考えられるため、将来のホーチミン市水道において適切な配水池容量について検討した。

まず配水池の容量としては、時間変動調整容量のほかに、配水ポンプ運転を安定して行うために必要となる余裕容量を確保しておく必要がある。

さらに、大規模な配水管事故や受変電設備の故障に伴い、長期的に配水区域を変更する場合や、あるいは想定需要と実際の水需要動向の乖離などから、配水区域における需要想定と異なって設定することも検討項目となる。すなわちこうした場合は、配水池の余裕容量の範囲で対応することとなる。

以上から、本調査においては、時間変動調整容量として最低限必要な容量を算出するほか、推奨配水池容量として、大阪市における配水池運用実績を勘案し、時間容量の4時間分を設定した。

また配水池は、維持管理等において休止することがあるため、通常は複数の池で構成するのが一般的となる。一方で、池数を増やすほど高コストとなり、かつ附帯する配管等が必要となることなどから、3から4池で構成することが一般的である。このような池数構成は、具体的な設計段階において決定するものであるが、計画段階においても、ある程度の余裕容量を見込んでおくことも重要である。

● 配水池水位

エネルギー効率の計算で必要となる配水池水位の設定については、一般的な半地下式の配水池の整備を想定し、平均水位として地盤高さとして設定した。これに基づき、必要な配水ポンプ揚程を配水池水位と吐出圧から設定した。

2-3-4 配水区域の設定

本調査ではまず、将来の最適な配水ネットワークにおいては、目標水圧を満たしながら、継続的に配水を行うことができるよう計画することが重要と考え、目標水圧条件を満たす配水ネットワークを、管網モデルを複数案作成し、これらを比較評価することで、最適な配水ネットワークとして提案する。

この検討においては、前述の配水池の配置検討に加え、その配水池を活用した物理

的な配水区域の設定について検討を行うことが必要となる。理由としては、この配水区域の設定により、区域ごとに個別に水圧管理することができ、目標水圧を達成することができるようになるためである。

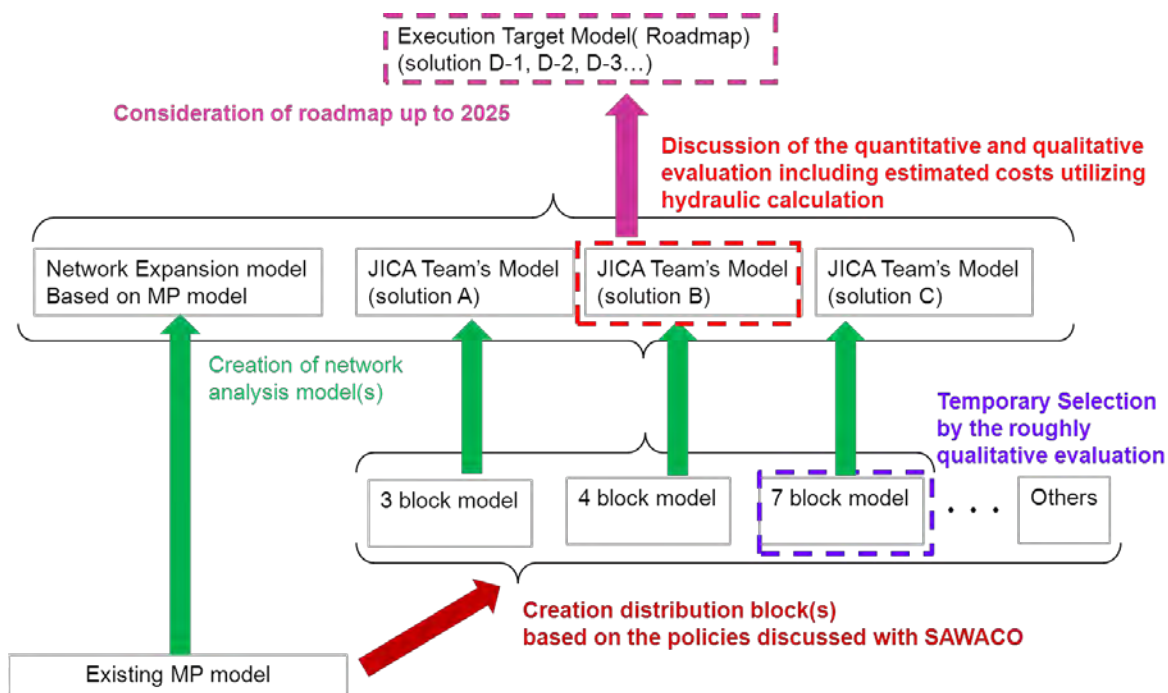


図 2-3-5. 配水区域設定の比較検討アプローチ

この配水区域設定については SAWACO でこれまで十分議論されてこなかったことを踏まえ、その方向性を大局的に検討していくことから始め、管網解析によらない概略的な配水区域設定により方向性を確認した後、管網解析による比較検討を行うというプロセスにより検討を行った（図 2-3-5）。

● 配水区域設定の目的

都市の発展に伴い増加する水需要に対し、配水区域を分割して配水を管理する場合の効果としては、次のようなものが挙げられる。

- 供給能力不足の段階的な解消
- 水量、水圧の適正管理
- 計画的な漏水改善
- 区域内でのサービス平準化
- 水道の要求品質向上（水量・水圧・水質）への対応

一方で、配水区域を分割するためには、必要な管路整備量が増え、配水場は配水ポンプ場の整備が必要となるなど、施設整備費、維持管理・運転管理費が増大する。

したがって、配水区域内でのサービス平準化や、流量や水圧管理の精度向上、漏水対策の効率的な実施の面では、より多くの（小さな）配水区域を設定し、維持管理、運転管理を行っていくことが望ましいが、コスト、運転管理の複雑さなどを勘案して、適切な大きさの配水区域を設定することが肝要である。

この配水区域設定における検討項目（評価指標）としては、次のような要素が挙げられる。

- 実現可能性（水理条件の範囲内における水量、水圧コントロールの技術的な実現可能性）
- 整備費用（配水区域設定に伴って必要となる配水場整備あるいは基幹管路整備）
- 水圧バランス（漏水改善への貢献）
- 末端までの流達時間（残留塩素濃度の確保など水質面でのサービスレベル）
- 省エネルギー

本調査では、これらを定性的、定量的（整備費用）に比較検討して、最適な配水ネットワークとして配水区域設定案を提案する。

● 浄水場からの基幹管路の配水能力の確認

WSMP における将来管網検討においては、前述の通り、特に配水区域設定を行うことなく技術検討が行われおり、また将来においても基本的に、Thu Duc 浄水場および Tan Hiep 浄水場の 2 つの主要な浄水場を拡張するよう計画していることから、基本的に現在と同様の配水形態を前提としていられると考えられる。

したがって検討においてはまず、WSMP における既存および計画路線において、浄水場から市域中心部に至る基幹幹線の配水能力について確認を行った。

Thu Duc 浄水場から市域中心部（1 区周辺）まで約 15km、Tan Hiep 浄水場から市域中心部（Cho Lon 周辺）まで約 20km 程度であることを考慮すると、浄水場から市域中心部に至る水頭差は、単位損失水頭を 2m/km とすれば、以下の通りとなる。

- Thu Duc WTP～1 区（約 15km） : 30m
- Tan Hiep WTP～Cho Lon（約 20km） : 40m

Thu Duc 浄水場の計画一日最大配水量をおよそ 200 万 m³/日、Tan Hiep 浄水場の計画一日最大配水量をおよそ 100 万 m³/日とした場合に、既設および現在計画されている浄水場からの基幹幹線の配水能力は、時間係数を考慮しない場合は、表 2-3-3 のとおりとなる。

表 2-3-3. 基幹幹線の配水能力（時間係数を考慮しない場合）

浄水場 系統	計画一日 最大配水量 (m ³ /day)	時間最大 流量 (m ³ /h)	基幹幹線			
			口径 (mm)	流量 (m ³ /h)	単位損失水頭 (m/km)	水頭差 (m)
Thu Duc 15km	2,000,000	83,000	2,400	37,000	1.88	28.2
			2,000	23,000		
			2,000	23,000		
Tan Hiep 20km	1,000,000	42,000	2,000	29,000	2.82	56.4
			1,500	13,000		

次に、時間係数を 1.3 とした場合の配水能力を、表 2-3-4 に示す。

表 2-3-4. 基幹幹線の配水能力（時間係数を考慮する場合）

浄水場 系統	計画一日 最大配水量 (m ³ /day)	時間最大 流量 (m ³ /h)	基幹幹線			
			口径 (mm)	流量 (m ³ /h)	単位損失水頭 (m/km)	水頭差 (m)
Thu Duc 15km	2,000,000	108,000	2,400	48,000	3.05	45.8
			2,000	30,000		
			2,000	30,000		
Tan Hiep 20km	1,000,000	54,000	2,000	37,000	4.58	91.6
			1,500	17,000		

ポンプを用いた配水の場合は、ポンプ設置費、動力費と配水管の施工、維持管理費のトレードオフを考慮して、一般的におおむね単位動水勾配を 2m/km から 3m/km の範囲とすることが望ましいと考えられる。また、過大な水圧を必要とするような計画は、特に途上国におけるポンプや管路の維持管理、運転管理の技術水準を考慮すると、避けるべきである。

以上より、将来の想定需要に対応して、時間係数を考慮した将来管網を整備するに当たり、既存の WSMP における検討においては、特に Tan Hiep 系統において基幹管路の能力不足が懸念される結果となった。

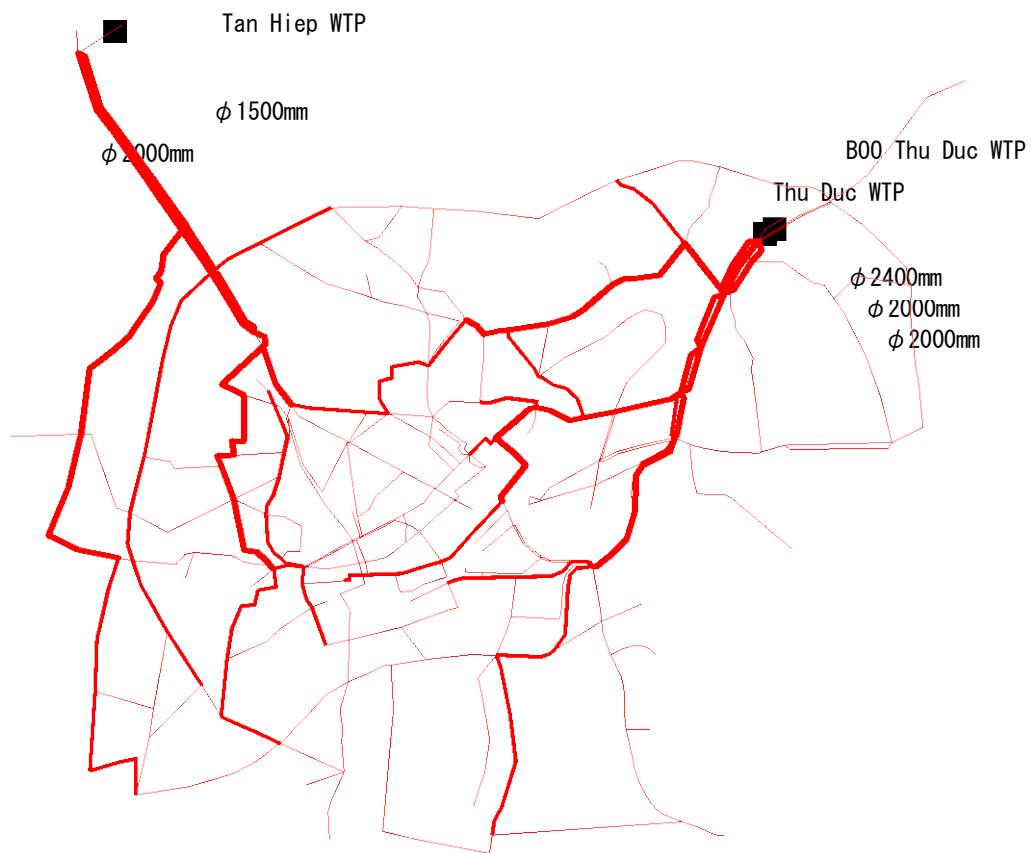


図 2-3-6. 浄水場と既存配水幹線

- 配水区域設定の考え方

配水区域の設定にあたっては、浄水場や基幹となる配水場、配水幹線ごとに設定する「大ブロック」、大ブロック内に街区単位等で水量、水圧を管理し、漏水対策等を行う際の単位となる「小ブロック」を設定するなど、階層的なネットワーク形態をイメージして設定するが多い。特に、平坦な地形を持つ都市の場合は、配水ポンプによる配水を行うため、階層的な配水区域を適切に設定して流量、水圧を管理していくことが望ましい。

現在 SAWACO においては、小規模な地下水浄水場を除くと、Thu Duc 浄水場系統、Tan Hiep 浄水場系統、BOO Thu Duc 浄水場系統の 3 つの配水区域を設定している。また、各給水会社の所管する 3 級管のネットワークには、SAWACO の幹線事務所が所管する 1 級管・2 級管から分岐しており、各給水会社への用水供給量を計量するために、マスターメータと呼ばれる流量計の設置が順次進められている。

さらに、3 級管から給水装置、顧客メータに至るまでの漏水対策を行うため、DMA の整備が進められており、DMA には District Meter が設置される。

従って、現在のホーチミン市では、浄水場および基幹幹線（既設および計画）によ

る大ブロック、各給水会社の配水ネットワークによる中ブロック、DMA としての小ブロックによる、階層的な配水ネットワーク構造となっていると考えることができる。

本調査は、このようなホーチミン市において、浄水場（配水場を新設する場合は配水場）および基幹幹線による大ブロックを対象に、将来の想定需要に対応する最適な配水ネットワークを検討する。

● 具体的な配水区域の設定

本調査における配水モデル検討においては、目標水圧の達成を重要と考えており、前述の通り、配水池（浄水場内あるいは市域の配水場内）と基幹管路により構成される配水区域を設定することにより、需要量の変動に応じて適正な圧力で連続的、かつ、安定的に給水ができるように配水システムを構築していくこととなる。

一方、日本の水道施設設計指針においては、「配水区域は、地形、地勢等の自然的条件及び社会的条件を考慮し、合理的・経済的な施設運用及び施設管理が可能となるように設定する」とされている。

地形、地勢等の自然的条件及び社会的条件をどのように考慮するかについては、配水システムが既に存在するホーチミン市において、様々な考え方ができる。

一方で、社会的条件を考慮すると、例えば行政区分ごと、給水会社が管理する区域ごとに配水区域を設定するといった、配水区域の設定も対象となる。

また合理的という観点から考えた場合、市域全域において、公平な給水サービスレベルを設定し、必要十分な水圧を満たしかつ高すぎない配水圧の範囲内となるよう水理条件を満たす配水区域を、整備費用を考慮して、既存配水ネットワークを最大限活用しながら最小限の新規整備で実現するよう設定することが考えられる。

具体的には、配水区域の境界については、地形、地勢等によるものとして、標高差や河川といった条件により設定するほか、鉄道、幹線道路など、管路の横断が技術的、コスト的に困難な箇所を配水区域境界とすることが一般的である。また、配水区域の数や大きさについては、想定需要に対して適切な水圧バランスで配水できることを条件に設定することも重要となる。

上記を踏まえ本調査においては、配水区域設定方針を以下のように定義し、検討を行った。

- (1) 浄水場、配水場と基幹幹線などによる配水区域の設定
- (2) World Bank による Technical Assistance で提案されている 6 つの ZONE*
(漏水改善のための流量管理を行う ZONE として定義)
- (3) 行政区域で設定
- (4) 給水会社の管理区域で設定
- (5) 配水圧が平準化されるよう同心円状に配水区域を設定

上記(1)～(5)の方針のもと、以下、配水区域設定の概略検討を行った。

まず(1)については、現在 Thu Duc 系統、Tan Hiep 系統、BOO Thu Duc 系統の 3 系統で配水区域を設定していることを基本に、既設および計画の基幹管路数を考慮して検討することとした。

基幹管路の概略検討から、Tan Hiep 系については配水能力が不足するため、以下の a～c を設定した。

- a. 浄水場 (Thu Duc, BOO Thu Duc, Tan Hiep) 3 系統+1 配水場の 4 配水区域・・・図 2-3-3
- b. 既設、計画基幹管路数に応じた 5 配水区域・・・図 2-3-4
- c. 既設、計画基幹管路数+基幹浄水場 (Thu Duc, Tan Hiep) の 7 配水区域・・・図 2-3-5

(4). (5) についてはそれぞれ、以下の d～e を設定した。

- d. 給水会社の所管区域とする 8 配水区域・・・図 2-3-6
- e. 半径 5km の同心円で市域をカバーする 10 配水区域・・・図 2-3-7

基幹管路の単位動水勾配を 2m/km、配水区域内の有効水頭差を 10m 以内にするよう配水区域を設定 (10m / 2m/km = 5km)

なお、(2)については、水理的合理性が無いので本調査検討における検討対象からは除外し、また(3)についても(2)同様合理性に欠け、また市中心部の区域数が多く、かつ面積や人口、給水需要が一様でないことから、検討対象からは除外することとした。

*World Bank による Technical Assistance で提案されている 6 つの ZONE

2012 年現在、World Bank は過去に行った TA で提案されている 6 つのゾーニングに基づき、ZONE 1, 2 において NRW 改善プロジェクトを実施している。C/P へのヒアリングによれば、これらの ZONE は漏水改善に焦点をあてた配水ネットワーク改善の観点から、流量管理(流入流量と流出流量をメーター計量)するための ZONE として設定されているとのことである。

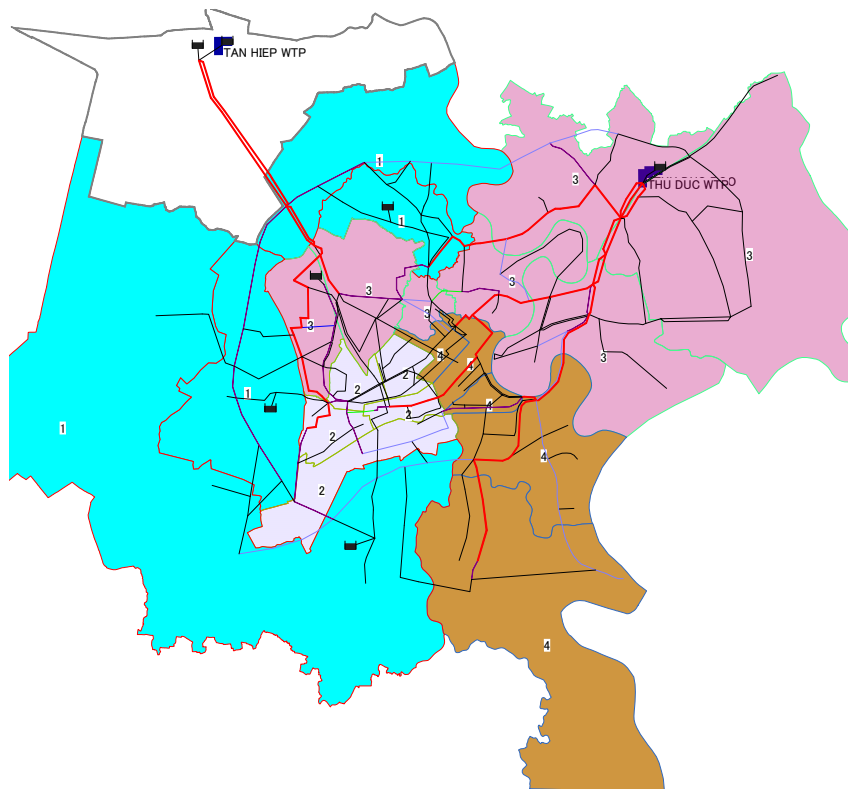


図 2-3-7. a.配水区域 4 分割:WTP+Reservoir

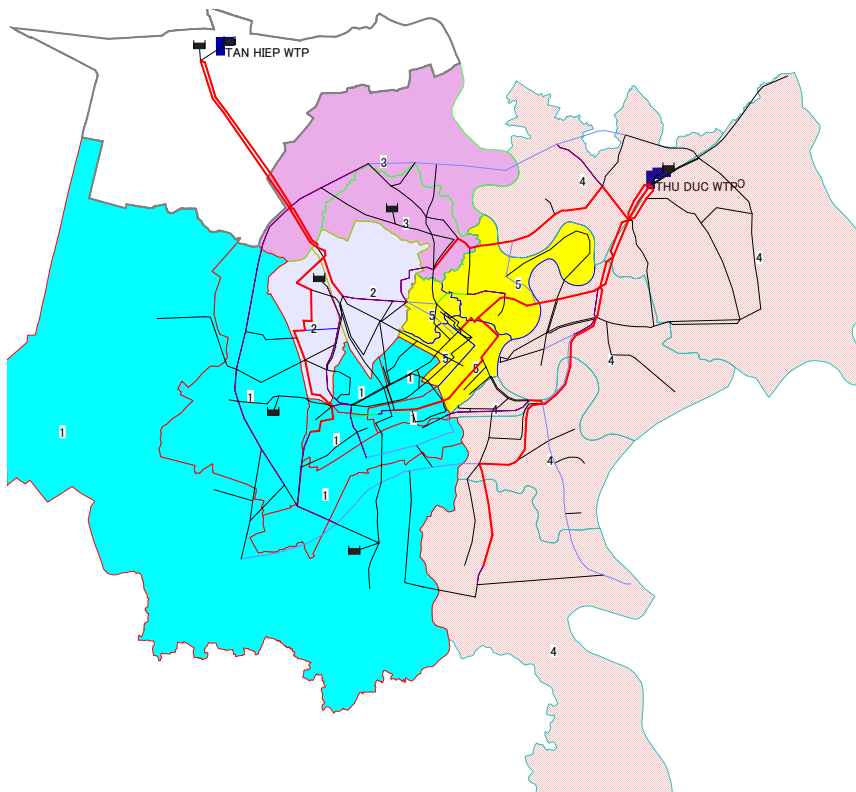


図 2-3-8 b.配水区域 5 分割:既設幹線

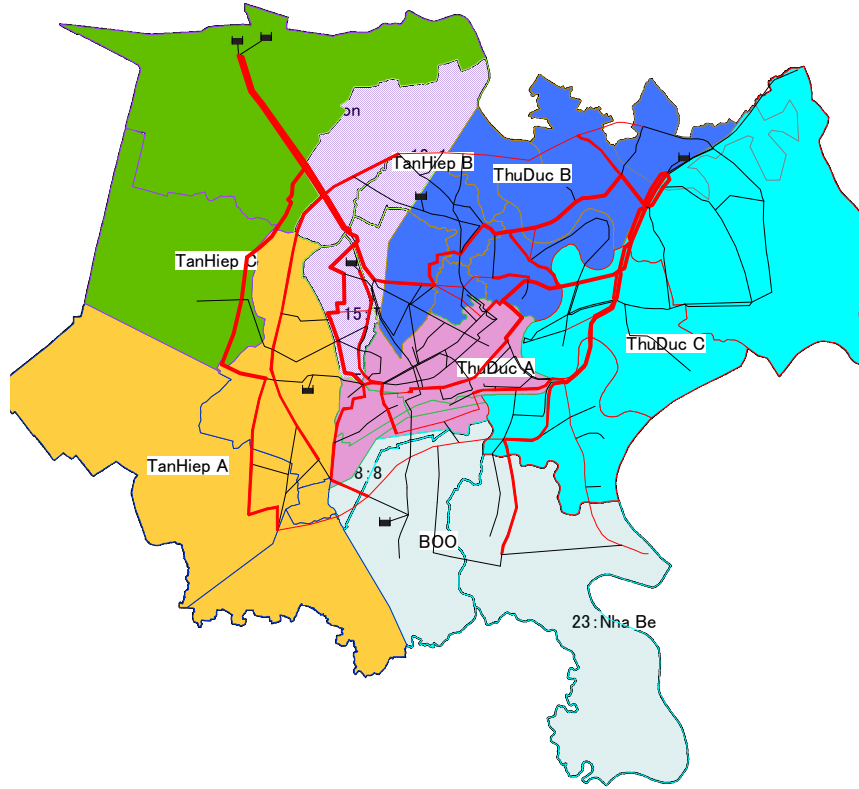


図 2-3-9 配水区域 7 分割:既設幹線+WTP 直送

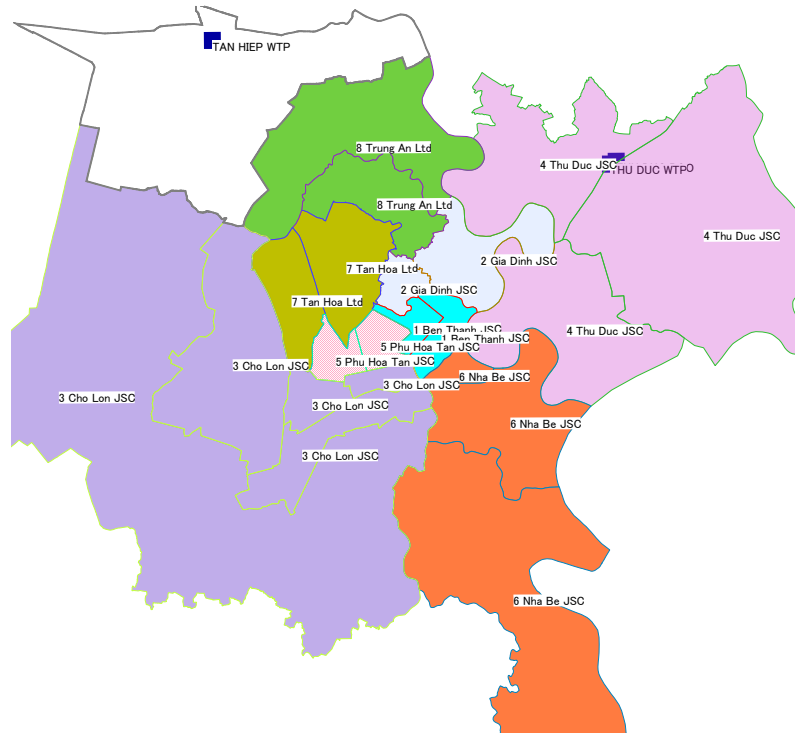


図 2-3-10. 配水区域 8 分割:WSC's



図 2-3-11 配水区域 10 分割:水圧平準化-半径 5km

これらの案について、定性面からの概略検討において、ホーチミン市として重視すべき条件を、以下の通り設定した。

- SAWACO は、ホーチミン市の水道サービスレベル改善として、2025 年には水圧の向上を目指していることから、配水区域はなるべく小さく（分割数を多く）設定し、きめ細かな水圧、流量管理を実現することが望ましい。
- WSMP において都市計画道路に設定されている計画路線のほかに、新たに管路用地を確保して新設管路の整備を行うことは不可能である。
- 配水区域の数は、既存浄水場（および場内配水ポンプ場）、既設、計画基幹管路を最大限活用しなければならない。これらの数を超えて配水区域を設定する場合は、新たな基幹管路の大規模な整備を伴い、投資額が大幅に上昇する。

そこで、既存施設および WSMP における計画路線を最大限に活用することを重視して、(a), (b), (c)について特に、管網解析により実現可能性を確認しながら配水区域の検討を進めることとした。すなわち、幹線網をゼロから構築することとなる(d)、(e)の考え方については、実現性という観点から、本調査の検討対象から除外した。

● **その他考慮すべき事項**

なお、補足的なものも含めた配水区域設定において考慮すべき事項は以下のとおり

である。

- 既設管網が、Thu Duc 系統、Tan Hiep 系統として上流から下流に至るよう構築されており、基本的な配水系統はこの流れにそった（既設管網をベースにした）配水区域設定とする
- BOO Thu Duc 浄水場の水は、契約により 30 万 m³/d の定額支払い（引き取り契約）となっていることから、30 万 m³/d の需要に見合った配水区域設定が必要
- BOO Thu Duc の配水区域は、Can Gio を含む市南部地域が対象となってくる
- Tan Hiep 浄水場の浄水処理が、Thu Duc 浄水場と比較して安定しないため、市域中心部は、Thu Duc 浄水場系統とすべきである
- Go Vap 区と Tan Binh 区は、既設管の整備状況から Tan Hiep 系統とすべき
- 基幹浄水場（Thu Duc, Tan Hiep）については、浄水場水源として直接配水する配水区域を設定
- 配水区域内の水圧バランスをできるだけ改善するため、極力基幹管路をループ状に設定
- 基幹管路の口径は、経済的単位損失水頭と水圧条件（有効水頭 75m 以下）を考慮して検討

2-4. 配水効率の計算と実現可能性の評価

2-4-1 管網解析の基本的な考え方

既存配水システムを最大限に活用し、WSMP 計画路線を基本に配水区域設定を行う複数案を、管網解析により水理条件を満たすよう検討して作成し、配水効率と実現可能性を評価した。

管網解析により管網モデルをトライアル&エラーで構築していく際には、以下を条件に管路設定を適宜修正して検討をすすめた。

- 単位動水勾配を経済的な範囲（おおよそ 2m/km～3m/km）となるよう管路口径を設定
- 水理条件を満たす（25m+G.L.以上 75m+G.L.未満）よう、水源水圧（ポンプ吐出圧）を設定
- 配水区域内需要水量が水源の配水施設と整合するよう設定

参考に、経済的な単位動水勾配における口径別の配水管の配水能力を表 2-4-1 に示す。

日本の水道施設設計指針および「技術的基準を定める省令」では、配水管網中の最大静水圧として、様々な管主が混在する配水管において、給水装置保護の観点から許容できる数値として 0.74MPa としている。これを上回る水圧を計画上許容すると、使用材料により高い耐圧性能が求められるほか、維持管理、運転管理が困難となる。SAWACO では大口径管路に主として鋼板巻コンクリート管を用いており、通水時には 10kgf/cm² (100m) で耐圧試験を行っているため、有効水頭 75m 以下の水圧条件であれば問題ないという C/P の見解から設定した。

表 2-4-1. 口径別の動水勾配と流量・流速

口径(mm)	流量(m ³ /d)		流速(m/s)	
	2 m/km	3 m/km	2 m/km	3 m/km
800	51,200	63,746	1.179	1.468
900	69,722	86,807	1.268	1.579
1000	91,902	114,423	1.354	1.686
1100	117,989	146,902	1.437	1.789
1200	148,221	184,542	1.517	1.889
1350	201,843	251,303	1.632	2.032
1500	266,055	331,250	1.743	2.170
1600	315,103	392,317	1.814	2.258
1800	429,097	534,244	1.952	2.430
2000	565,606	704,204	2.084	2.594
2100	642,783	800,292	2.148	2.674
2200	726,156	904,096	2.211	2.753
2400	912,215	1,135,747	2.334	2.906
2600	1,125,201	1,400,925	2.453	3.054

● 管網解析による WSMP の更新

管網解析を実施するに当たっては、まず WSMP の技術検討において用いられた VIWASE 作成の管網モデルを、最新の WSMP に整合するよう修正するとともに、現状の配水ネットワークに整合するよう更新修正し、各管網モデル検討のベースとした。

各管網モデルのベースにおける課題箇所は、以下の通り。

- 時間係数を考慮した配水量に対し、水理条件を満たして配水が可能かどうか検証
⇒有効水頭 25m+G.L.以上を確保するためには、配水ポンプ吐出圧が 75m+G.L.を大幅に超過
- 2025 年想定需要に対し、時間係数を考慮すると、市域中心部と Tan Son Nhat 空港北側のエリアにおいて、配水量に対する既設幹線の管容量が不足
- WSMP における計画路線において、配水地域の需要に対して口径不足となる箇所の存在

時間係数を考慮する将来管網検討においては、どのような配水モデルの検討を行う場合でも、明らかに当該地域への配水管としての管容量が不足している。

したがって、まずは基本の整備計画として、既設、並びに計画幹線について、増口径による改善について検討を行った。その増口径が必要となる基幹管路を図 2-4-1 に示す。

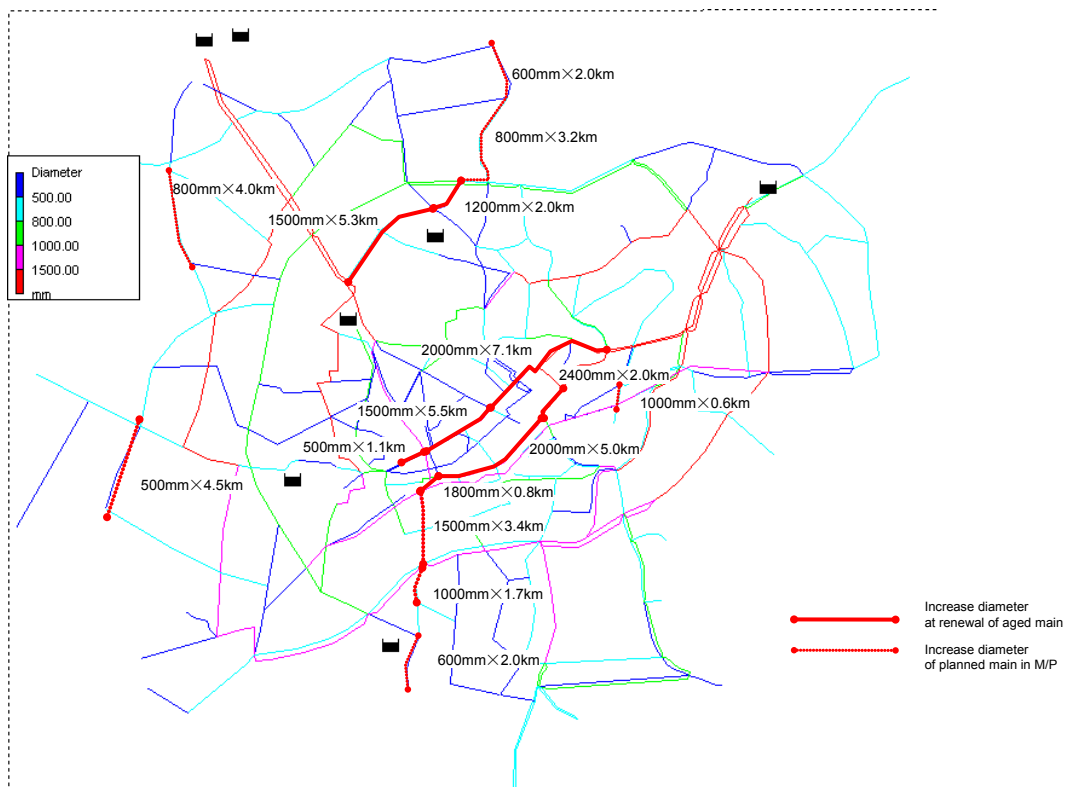


図 2-4-1. Required upgrade from Water Supply Master Plan

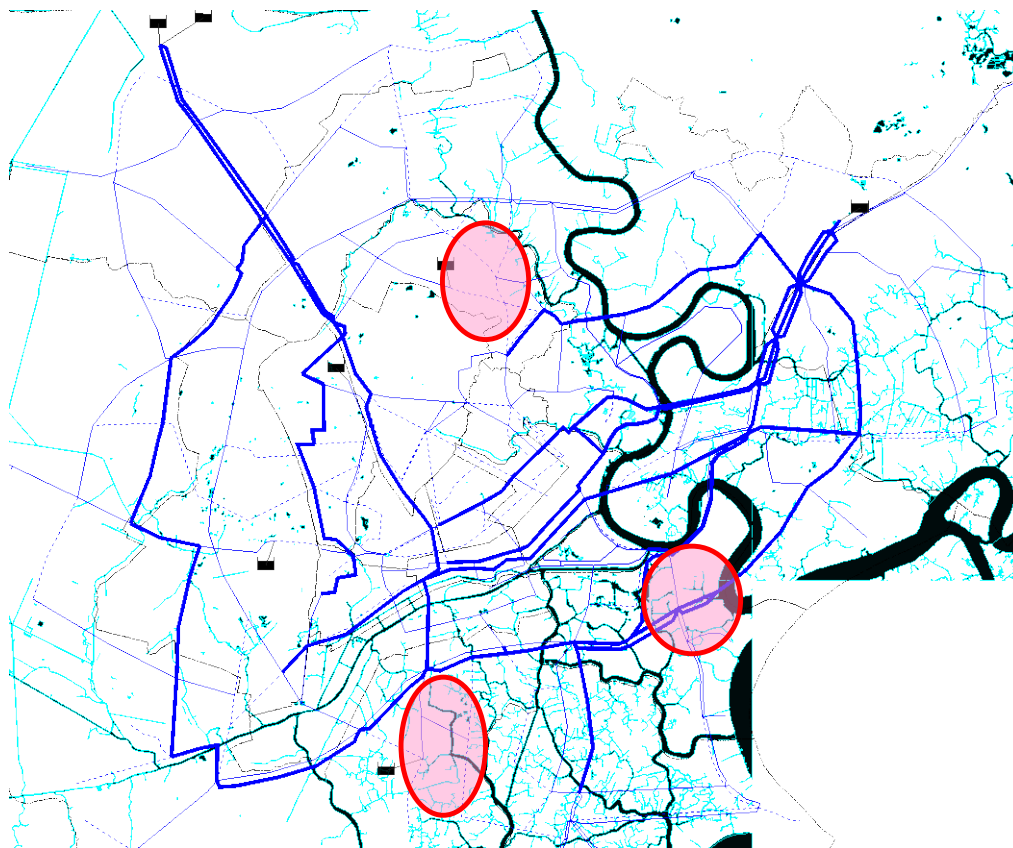


図 2-4-2. ThuDuc 系で有効水頭が基準値 25m に近いエリア

Thu Duc 系統については、水圧条件を満たして 1,950,000m³/日の配水区域を配水することが可能である。図 2-4-2 は、ThuDuc 系統における配水圧を確認したものであるが、図の末端地域において、ほぼ目標水圧 (25m+G.L) をクリアしていることを確認した。しかしながら、既設および計画基幹管路の増口径のみの対応では、Tan Hiep 系統において配水能力が不足し、水圧条件を満たす配水区域の設定ができないことが判明した。

2-4-2 配水モデルにおける検討項目

各管網モデル作成においては、定性的・定量的要素を含め、以下の項目について検討を行った。

- 実現可能性 (水理条件の範囲内における水量、水圧コントロールの技術的な実現可能性)
- 水圧バランス (漏水改善への貢献)
- 末端までの流達時間 (残留塩素濃度の確保など水質面でのサービスレベル)
- 省エネルギー
- 整備費用 (配水区域設定に伴って必要となる配水場整備あるいは基幹管路整備)

上記のうち、定量的検討項目としては、水量・水圧の制約条件に基づく実現可能性、単価設定に基づく概算整備費用、管網解析に基づく平均水圧・漏水削減量・流達時間、ポンプ電動機出力に基づく電力消費量が該当する。

一方、定性的検討項目としては、路線に応じた施工性を考慮した管路整備の実現可能性、既存管路や施設等の耐圧性能、既存施設流用の必要性、用地の取得可能性などがある。具体的な配水区域案の検討においては、これらを総合的に勘案して作成を行っている。

● 実現可能性 (水量、吐出圧)

実現可能性の指標として、配水区域別の水量と吐出圧を算出する。配水区域別の水量は、区域の境界設定に基づいて各節点の一日最大配水量を合計して求める。吐出圧は、目標水圧を確保するために必要な水圧を管網解析により求めた。

大阪市の実績では、単一の配水区域として設定する最大の計画一日配水量は、1,180,000m³/日であり、これを大きく上回る区域とならないことを基準の1つとした。

● 水圧バランス (漏水改善)

水圧バランスは、管網解析結果をもとに各案における水圧のヒストグラムを作成し、水圧分布の散らばりや高水圧地区の有無などにより評価した。

また、水圧バランスの適正さを定量化する手段として、次の手法により、各配水区域設定案における、配水区域別漏水量を算出した。

$$\text{漏水量算出式*} \quad Q_{li} = C \times A_i \times L_i \times (P_i)^{0.5}$$

*東京都立大学 漏水量抑制を考慮した配水管網の運転管理に関する一考察(土木学会第 56 回年次講演会)

(Q_{li} : 漏水量、 C : 配水管容量当たりの漏水係数、 A_i : 管路の断面積 m^2 、 L_i : 管路延長 m 、 P_i 管路中点での有効水頭 m)

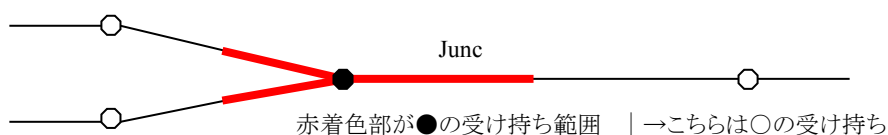
なお、 $\phi 1500mm$ 以上の幹線、未使用管、及び新設管においては、漏水が生じないものとし、配水区域設定案ごとの既設管路延長の差は、全管路延長に比べて十分に小さいものと考え、漏水量算出の係数は、各検討モデルにおいて一定であるものとした。

具体的には、比較のベースとなる漏水量は、WSMP において 2025 年の想定配水量の内数として設定されている漏水量 $848,000 (m^3/d)$ とした。この漏水量が、ある Alternative での管網計算結果のもとで発生するものとして係数 C を算出し、他の Alternative で同じ係数 C を用いて比較する漏水量を算出した。

$$\text{各節点漏水量 } Q_{li} = C \times A_i \times L_i \times P_i^{0.5}$$

(C : 漏水係数、 A_i : 管路の断面積 m^2 、 L_i : 管路延長 m 、 P_i : 節点有効水頭 m)

ただし各節点の対象管路は接続している全管路の中心までとした。



$$\text{総漏水量 } \Sigma Q_{li} = \Sigma (C \times A_i \times L_i \times P_i^{0.5}) = C \times \Sigma (A_i \times L_i \times P_i^{0.5})$$

$$\Sigma Q_{li} = 848,000 \text{ m}^3/d = 9,815 \text{ LPS} \quad (\text{WSMP, 2025 年想定値})$$

$$\Sigma A_i \times L_i \times P_i^{0.5} = 1,130,985 \quad \text{より } C = 0.0087$$

● 末端までの流達時間

末端までの流達時間が長くなると、残留塩素濃度が低下し、水利用者まで安全に浄水を送ることが出来ない。そこで、市内配水池においては配水池で適正な残留塩素濃度になるよう追加で塩素注入を行うものとして、水源となる配水池から末端までの流達時間を検討した。

各配水区域設定案における、配水区域内の末端までの到達時間は以下の式により算出した。

$$\text{管容量 (断面積} \times \text{延長)} \div \text{流量}$$

適正流達時間は、本市の水源水質や管路状況に応じた残留塩素減少速度に基づいて設定することが望ましいが、これらの情報は現状では把握されていない。そこで、この目安としては、3級管から給水管における滞留や残留塩素減少も考慮して、配水池から3級管に至るまで48時間以内とした。いずれの案も適正時間を満たしている場合は、トリハロメタン生成等の面からみてもより短時間に末端まで到達することが望ましいと考えられることから、相対的な比較も行った。

- 省エネルギー

次の手法により、配水ポンプの電動機出力を設定し、各配水区域設定案における想定電力消費量を相対的に比較する指標として算出した。

電動機出力は、日本の水道施設設計指針に示された以下の算出式によって求めた。

$$P = 0.163 \times v \times Q \times H \div \eta p \times (1 + \alpha)$$

ただし、 Q : ポンプ吐出量 (m³/min)

H : ポンプ揚程 (m)

v : 液の単位あたり質量 (kg/L)

ηp : ポンプ効率

α : 余裕率

- 整備費用

整備費用としては、必要となる基幹管路の整備費用と、配水池、配水ポンプ場、送水ポンプ場の整備費用について、WSMP で提示されている費用原単位に基づき算出した。

なお配水池容量については、代替案の比較検討を行う目的であるので、配水池容量については、最低限必要な容量として時間容量 2.1 時間分として算出した。

しかしながら、WSMP における配水施設整備に必要な整備費用については、内訳が明示されていない。したがって各モデル案について、実現可能な配水ネットワークとして整備するために、WSMP から追加して整備が必要となる部分について、整備費用を算出し比較を行った。

このため、実際の配水施設整備においては、WSMP で提案されている配水施設整備を行う整備費用が発生することを考慮しておく必要がある。

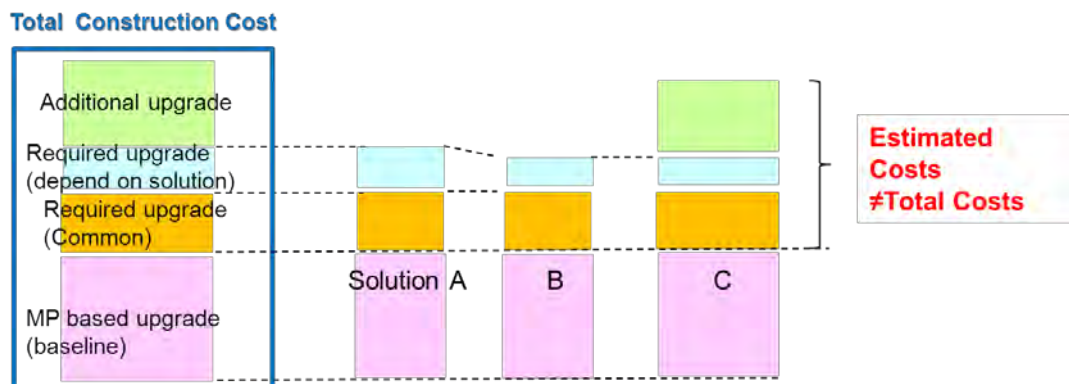


図 2-4-3. コスト積算概念図

2-4-3 配水区域案の提示（ステップ 1）

Tan Hiep 系統の課題を解決するために、これらの必要な増口径を行った管網モデルにおいて、現在の配水区域設定（3 区域）により配水する代替案の管網モデル（Alternative A）を作成した。

（Thu Duc 系統）

1,950,000m³/日の配水区域として設定した。

（Tan Hiep 系統）

1,050,000m³/日の配水区域として設定した。

（BOO Thu Duc 系統）

Can Gio への配水を含む、Nha Be 地域を中心に市南部地域を配水区域として、2025 年想定需要に対して 300,000m³/日となるよう設定した。

なお、時間係数を考慮すると、既設の BOO Thu Duc 配水管 1 条では管容量が不足するため、計画路線（環状 2 号線）φ1,800mm を BOO Thu Duc 配水区域への配水管として設定した。

- **Alternative A. : Tan Hiep 系統に計画基幹管路を追加**

Tan Hiep 浄水場からの配水管 2 条（既設 $\phi 1,500\text{mm}$ および計画 $\phi 2,000\text{mm}$ ）では配水管容量が不足するため、水理条件を満たして配水するよう、市域中心部まで $\phi 1800 \times 15\text{km}$ を新設し配水する。配水区域は現在と同様、Thu Duc 系統、Tan Hiep 系統、BOO Thu Duc 系統の 3 区域となる。

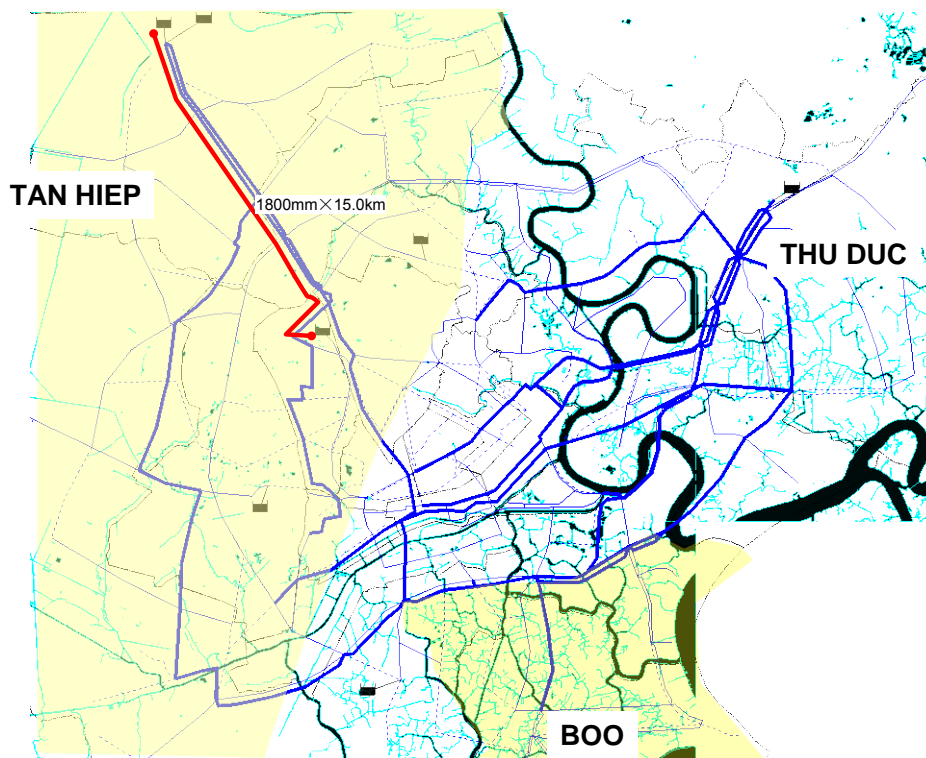


図 2-4-4. Alternative A

Alternative A は、既存の WSMP における管網モデルに対し、配水区域設定、ならびに新設幹線により改善対応した案となるが、明示的に配水池のソリューションを活用し改善対応したモデルを以下 Alternative B として示す。

● **Alternative B : Tan Hiep 系統に配水場を新設**

Alternative B では、Tan Hiep 系統に配水場を設置して配水区域を設定する。

- 現在の Tan Binh 地下水浄水場周辺に配水場を設置し、配水場流入管として既設 $\phi 1,500\text{mm}$ 配水管を送水専用管に転用する。
- Tan Hiep 浄水場に送水ポンプを整備し、 $\phi 1,500\text{mm}$ 送水管で Tan Binh 配水場まで直接送水を行う。
- また、Tan Binh 配水場から Tan Hiep 系統の南西部に配水するため、配水場流出管として $\phi 1,500\text{mm} \times 6.5\text{km}$ の整備が必要となる。
- なお、Tan Hiep 浄水場からの直接配水区域には、計画路線 $\phi 2,000\text{mm}$ 配水管により配水する。

上記検討結果より、配水区域は、Thu Duc 系統、Tan Hiep 系統、Tan Binh 配水場系統、BOO Thu Duc 系統の 4 区域となる。なお、前節で検討した a.案 (4 配水区域を設定) に該当する。

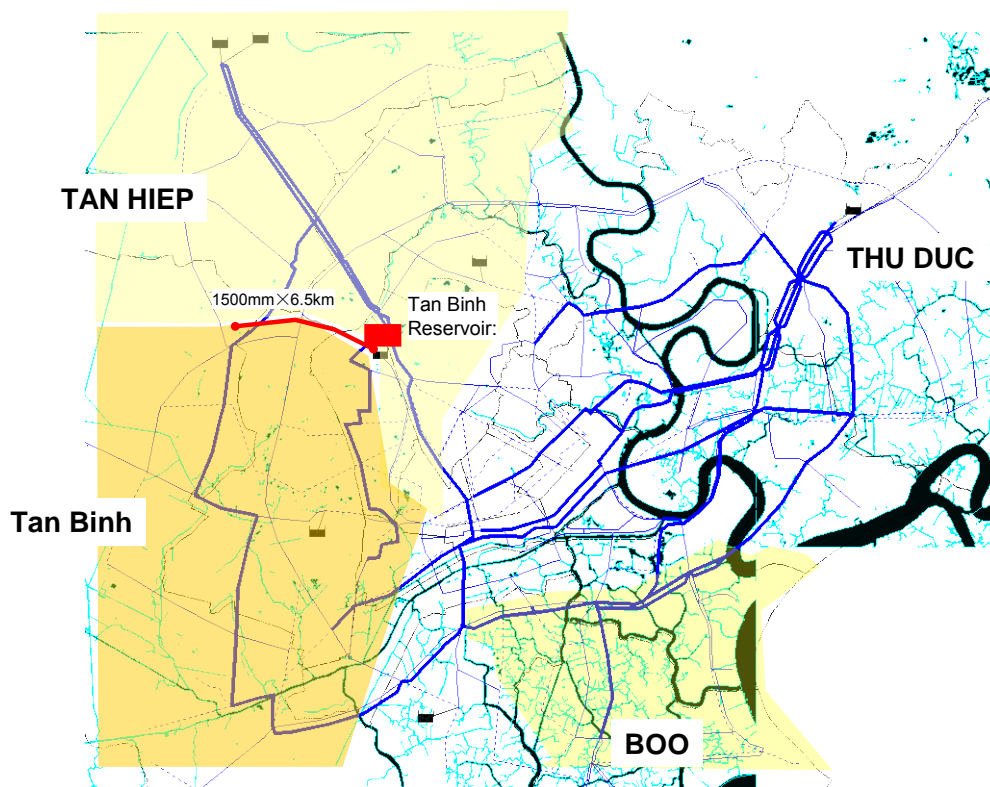


図 2-4-5. Alternative B

2-4-4 管網解析による実現可能性の検討（ステップ 1）

上記 2 案について前述の検討・評価項目に沿って、定性的、定量的に評価した結果を以下に示す。

- 実現可能性（水量、吐出圧）

まず、各配水区域設定案の水量、水圧コントロールの技術的な実現可能性を確認するため、計画一日最大配水量、配水ポンプ吐出圧を確認する。それぞれの配水区域の計画一日最大配水量を表 2-4-2. に示す。

表 2-4-2. 配水区域の計画一日最大配水量

Alternatives	(m3/day)		
	Based on WSMP Calculation (1 area)	Alternative A (3 areas)	Alternative B (4 areas)
Thu Duc WTP system (1,950,000m3/day)		1,942,101	1,942,101
BOO Thu Duc WTP system (300,000m3/day)		299,600	299,600
Tan Hiep WTP system (1,050,000m3/day)		1,054,977	Tan Hiep WTP: 650,522 WDP (Tan Binh) 404,455
Total (3,300,000m3/day)	3,296,678	3,296,678	3,296,678

WSMP 案、Alternative A 案、並びに B 案ともに、まずは浄水場の幹線をベースに区分けを行い、さらに、水圧状況の分布を踏まえて、地形・配管状況に応じて分割したものとなっている。

次に、水理条件を満たすよう設定した配水ポンプ吐出圧力（Tan Binh 配水場への送水に関しては、送水ポンプ圧力）を表 2-4-3 に示す。

表 2-4-3 各配水区域設定案における配水ポンプ圧力 (水頭：m)

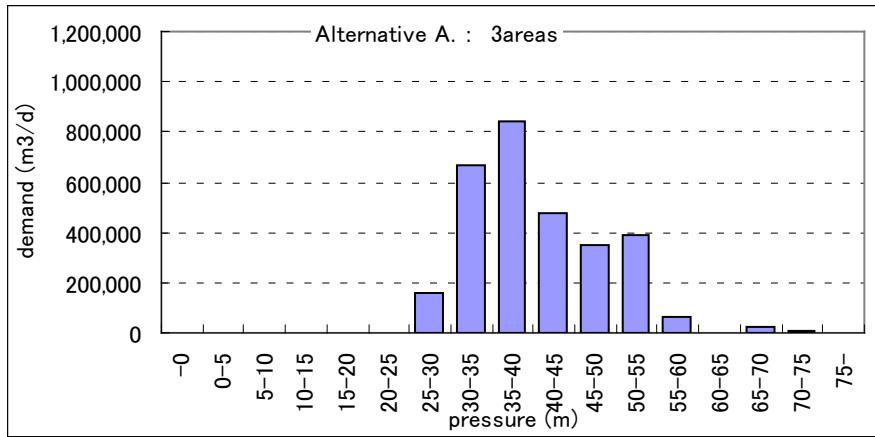
Alternative A		Elevation	Pressure	Total Head	Note
Thu Duc system					
Thu Duc	D2000 D2400	13	70	83	
Tan Hiep system					
Tan Hiep	D1500 D2000 D1800(new)	5	67	72	
BOO Thu Duc system					
BOO	D1500	13	59	72	

Alternative B		Elevation	Pressure	Total Head	Note
Thu Duc system					
Thu Duc	D2000 D2400	13	70	83	
Tan Hiep system					
Tan Hiep	D1500	5	61	66	Transmission to Tan Binh Reservoir
	D2000	5	66	71	
Tan Binh		3	48	51	
BOO Thu Duc system					
BOO	D1500	13	59	72	

上記より、配水池を用いた B 案の方が、直接配水となる A 案と比較して送水 (配水) 圧を低くすることができ、運用コスト削減に寄与すると考えられる。

また、各配水区域設定案における配水区域内の水圧分布状況を整理した結果を、以下に示す。

Alternative A



Alternative B

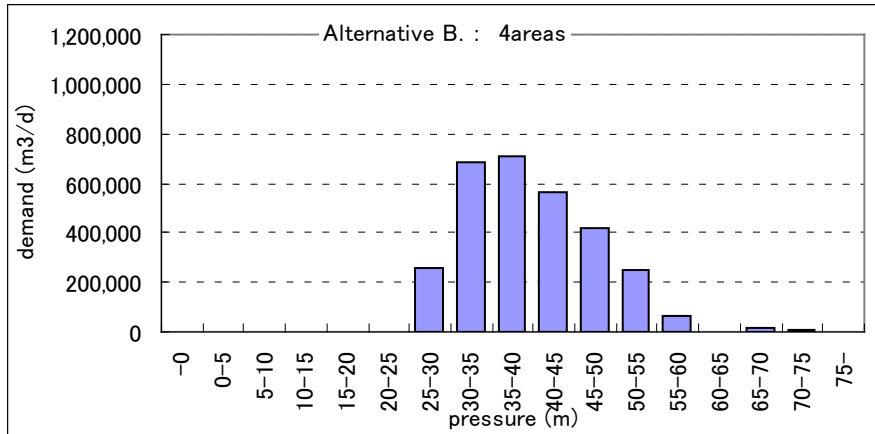
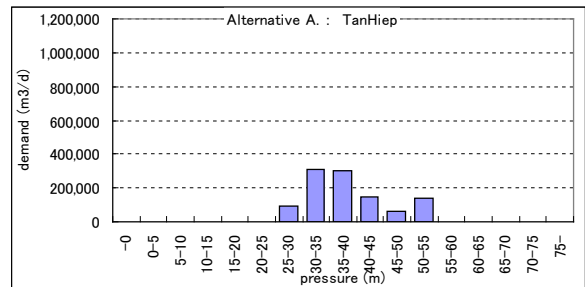
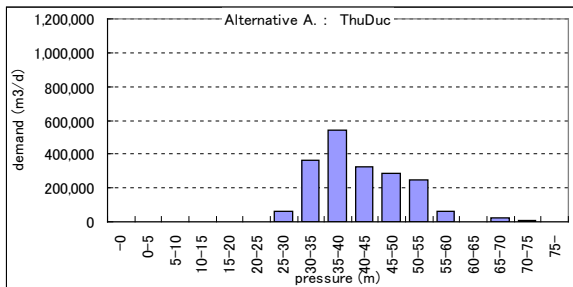


図 2-4-6 水圧分布

分布傾向としては、Alternative A において 50-55m 付近にピークが存在することもあり、Alternative B の方が、より良い水圧分布状況であるといえる。以下、参考に各配水区域設定案における、配水区域別の水圧分布状況を示す。

Alternative A



Alternative B

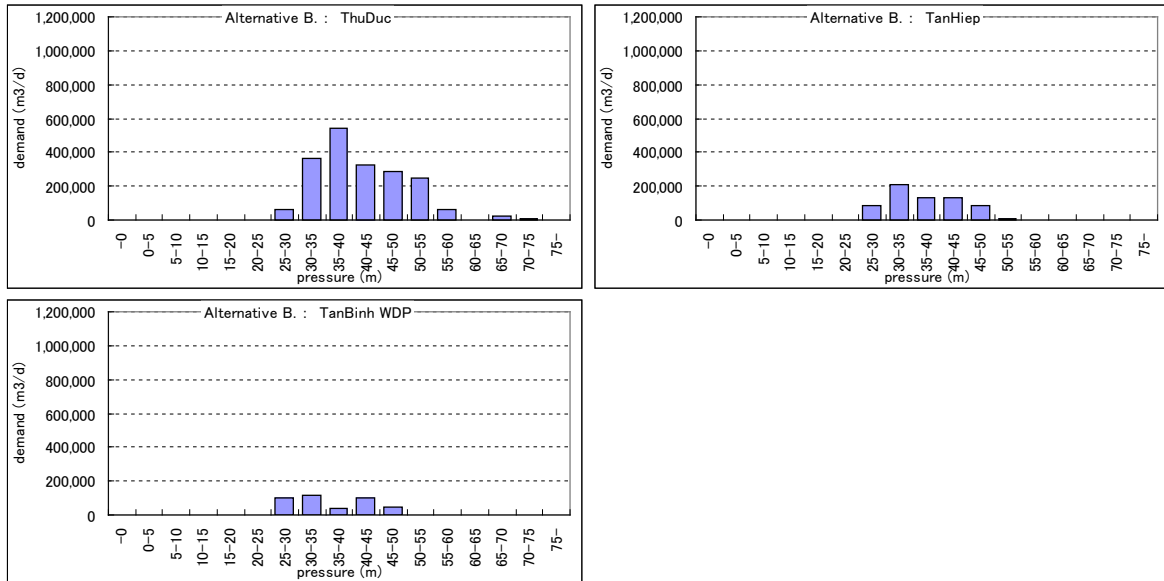


図 2-4-7 配水区域別の水圧分布図

上図から TanHiep 系の配水区域を分割していることにより、Alternative B が A と比較して、良い水圧分布になっていることがわかる。

- **水圧バランス（漏水量）**

前述の算出式に基づき、C および $A_i \times L_i$ の条件のもとで、各 Alternative における P_i の分布に応じて、想定漏水量を算出した結果を表 2-4-4 に示す。

表 2-4-4. 各配水区域案における想定漏水量 (m³/d)

	Alternative A 3 areas	Alternative B 4 areas
water losses(LPS)	9,815	9,780
water losses (m³/d)	848,000	845,500
difference between AlternativeA	0	2,500
ratio of AlternativeA	100%	100%

上記表より、若干の差はあるものの、漏水量の観点からは Alternative A と B の間には大きな差が見られない結果となっている。

- **末端到達時間**

前述の算出式により、各案における末端到達時間を以下の通り算出した。

表 2-4-5. 末端到達時間 (hour)

	Alternative A 3 areas	Alternative B 4 areas
Average (h)	10.4	9.8
ax (h)	25.1	20.4

こちらも当然のことながら配水区域数を多く設定した Alternative B がより良い結果となっていることがわかる。

- 省エネルギー

ポンプ吐出量とポンプ揚程は、Alternative 毎に管網計算によって求めた値を採用し、その他の条件は設備規模等の条件に応じて設定した。

表 2-4-6. 各ポンプ場の電動機出力 (kW)

	AlternativeA 3areas	AlternativeB 4areas
TD	25,281	25,281
TDtotal	25,281	25,281

BOO	3,383	3,383
-----	-------	-------

Transmission to Tan Binh		4,187
Tan Hiep WTP	11,913	3,235
Tan Binh WDP		7,244
TH3		
THtotal	11,913	14,666

Total	40,577	43,330
-------	--------	--------

Tan Hiep 系では、配水区域を分割しない AlternativeA の電動機出力が小さく、AlternativeB は Alternative A と比較して、省エネルギーの観点からは劣る結果となっており、またポンプ場などの建設も伴うことから、場所の確保についても課題になると考える。

- 整備費用

管路整備とポンプ場の電動機出力はトレードオフの関係にあり、管路整備を行えば管路での損失水頭削減によりポンプ出力を低下させることができ、ポンプ出力を上昇させれば管路整備量を少なく抑えることができる。これらについては、建設に掛かる 1

年あたりの費用（支払い利息＋減価償却費）と動力費の比較によって選定することが多い。

ただし、管路整備については、道路状況や周辺状況（住宅が密集しているなど）によって、費用化の困難な要素も考慮した場合には、実現可能性が明らかに低いと判断されるものも存在する。こうした場合には、ポンプ加圧による方法を採用せざるを得ない場合も考えられるが、今回の検討では特にこのような状況は考慮せず、導水勾配等を考慮した標準の配管布設に対して、必要な電動機を設置したケースでの検討としている。

表 2-4-7. 最低限必要となる配水池容量

Alternatives	(m ³)		
	Based on WSMP Calculation	Alternative A (3 areas)	Alternative B (4 areas)
Required reservoir volume (Minimum)	Inside Tan Hiep WTP 35,000	Inside Tan Hiep WTP 35,000	Tan Binh 35,000

表 2-4-8. WSMP に追加して必要となる整備費用 (mil.VND)

	Alternative A 3 areas	Alternative B 4 areas
Reservoir	115,500	358,173
Reservoir	115,500	115,500
pumping station	(M/P)	242,673
Pipeline	1,593,677	1,084,177
New	800,000	290,500
M/P increased	682,786	682,786
WSMP original	△ 370,009	△ 370,009
Renewal increased	1,211,300	1,211,300
Renewal original	△ 730,400	△ 730,400
Total	1,709,177	1,442,350

上記整備費用結果からは、配管敷設費用が大きく影響することから、初期コストにおいては Alternative A のコストが高いという結果となっている。

● その他

以下、各案における配水区域の特徴を表す、各配水区域の給水人口、面積、工業地域の面積情報について参考情報として示す。

➤ 想定給水人口

各配水区域設定案における、それぞれの配水区域の想定給水人口は以下の通り。

表 2-4-9. 配水区域の想定給水人口 (人)

	Alternative A 3 areas	Alternative B 4 areas
Thu Duc WTP	5,423,500	5,423,500
TD total	5,423,500	5,423,500
BOO	912,000	912,000
TanBinh WDP		971,000
Tan Hiep WTP	2,914,500	1,943,500
TH total	2,914,500	2,914,500
	0	0
total	9,250,000	9,250,000

➤ 配水区域面積

各配水区域設定案における、それぞれの配水区域の面積については以下の通り。

表 2-4-10. 配水区域の面積 (km²)

	Alternative A 3 areas	Alternative B 4 areas
Thu Duc WTP	387.8	387.8
TD total	387.8	387.8
BOO	129.1	129.1
TanBinh WDP		221.3
Tan Hiep WTP	442.8	221.5
TH total	442.8	442.8
Total	959.7	959.7

➤ 想定工業地域面積

各配水区域設定案における、それぞれの配水区域の WSMP に基づく 2025 年想定工業地域面積は以下の通り。

表 2-4-11. 配水区域の想定工業地域面積 (ha)

	Alternative A 3 areas	Alternative B 4 areas
Thu Duc WTP	1,679	1,679
TD total	1,679	1,679
BOO	1,680	1,680
Tan Hiep WTP	2,102	1,248
Tan Binh WDP		854
TH total	2,102	2,102
Total	5,461	5,461

● 配水区域設定案の比較評価

前述の各検討項目を整理して比較表としてまとめた結果を以下に示す。

各項目については基本的には3段階評価で表しており、それぞれ*****: Good、***: Standard、*: not good を基準としているが、相対比較のため****、**を補足的に使用し、最終的には5段階評価として表している。

比較表におけるポイントを、以下に記述する。

- Alternative A と Alternative B を比較すると、当初の目標である、目標水圧を適切に確保するという視点からは、配水場を導入し水圧バランスを改善することができる Alternative B が望ましい。
- Alternative A における φ1,800mm×15km の布設は、既に同一ルート of 計画路線 φ2,000mm を布設しており、管路用地の問題があり困難である。

上記に加え、初期費用の観点も踏まえ、Alternative B が基本管網整備の方向性として望ましいと考えられるが、一方で以下のような課題も見受けられた。

- Alternative A, B では、Thu Duc 系統がこれまでと同様の長大な基幹管路による直接配水を行う配水形態となり、将来の計画一日最大配水量 195 万 m³/日に対して、配水エリアが大きすぎ、水圧バランスや配水管理のコントロール性の面から課題がある。

Thu Duc 系統については、1,950,000m³/日を Thu Duc 浄水場からの1つの配水区域として設定しているが、水理条件を満たすものの、ポンプ吐出圧が 70m+G.L.と高い揚程となることから、浄水場近傍を中心に非常に高い配水圧となってしまう。

現実のホーチミン市の配水管を考慮すると、こうした高い水圧に耐えられるとは考えにくく、特に 3 級管と給水管、宅内給水装置を中心に、大幅な改良更新が必要となることが想定される。

このため、上記見解を踏まえ、Alternative B をベースに、さらに水圧バランスを改善することができる代替案について検討を行った。その方向性としては、配水区域を増やしてより配水圧の均一化を図るという方向での検討となる。

表 2-4-12 配水区域設定案の比較

	M/P based calculation	Alternative A	Alternative B
Required upgrade	*** (common)	*** (common)	*** (common)
- Common pipes *1			
- Reservoir *2	35000m ³ Inside Tan Hiep	35000m ³ Inside Tan Hiep	35000m ³ Tan Binh
- Pipes *3	***** not necessary	*** D1800mm 15km	*** D1500mm 6.5km
Additional upgrade for each solutions	*****	*****	*****
- Network *4	not necessary	not necessary	not necessary
- Reservoir *5	*****	*****	*****
Pressure and Flow control	N/A	***	***
Estimated Leakage volume	N/A	(100%) 848,000m ³ /d	(99%) 842,900m ³ /d
Energy Saving	—	*****	***
Water quality controllability	—	*	**
Feasibility	No	***	***
Comments	Cannot supply Water	D1800mm Installation	New water reservoir for Tan Binh area will be difficult to be installed D2000mm installation

	M/P based calculation	Alternative A	Alternative B
Required upgrade	843,677	843,677	843,677
- Common pipes *1			
- Reservoir *2	115,500	115,500	115,500 (Reservoir) 242,673 (PS)
- Pipes *3	0	750,000	240,500
Additional upgrade for each solutions			
- Network *4	0	0	0
- Reservoir *5	0	0	0
Estimated costs	979,177 million VND	1,729,177 million VND	1,462,350 million VND
Evaluation		****	*****

2-4-5 配水区域案の検討 (ステップ 2)

前述の検討結果より、最低限の投資で水理条件を満たす配水システムとして、Tan Hiep 系統の課題を解決する案として Alternative A, B を比較検討し、Alternative B が比

較優位となった。一方、Thu Duc 系統については、ポンプ吐出圧が 70m+G.L.と高い揚程となることから、浄水場近傍を中心に非常に高い配水圧となってしまうことが問題であった。

そこで、Thu Duc 系統の課題を改善する案として、Alternative B をベースに配水区域を追加していく案について以下、検討を行った結果を示す。

- **Alternative C. : 配水ブロック 7 分割 (基幹管路数+2 つの主要浄水場直接配水区域)**

Alternative B.に基づき、Thu Duc 系統を、浄水場からの基幹管路 (φ2400mm と φ2000mm の 2 条) で市域中心部にそれぞれ配水し、浄水場周辺は直接浄水場から配水するエリアとして配水区域を設定した。

Thu Duc 浄水場周辺の Thu Duc 区を中心に設定した直接配水区域には、浄水場の拡張にあわせて新たな配水ポンプ場を浄水場内に整備し、流出管整備として φ2,000mm×2.7km、φ1,500mm×4.6km が必要となる。

また、φ2000mm の配水区域として市域中心部北側を設定するが、φ2000mm1 条では水圧が不足するため、Thu Duc 区を横断する幹線を当該エリアへの専用配水管に設定する。これに伴い、Thu Duc 区側配水区域の末端水圧を確保するために φ1,500mm×2.6km の整備が必要となる。

Tan Hiep 系統では、Tan Hiep 浄水場からの直接配水区域を 2 分割し、φ1,500mm×3km、φ1,000×4km 等の整備を行って、市域に 7 つの配水区域を設定した。これは、前節 2-3-3 で検討した c.案 (7 配水区域を設定) に該当する。

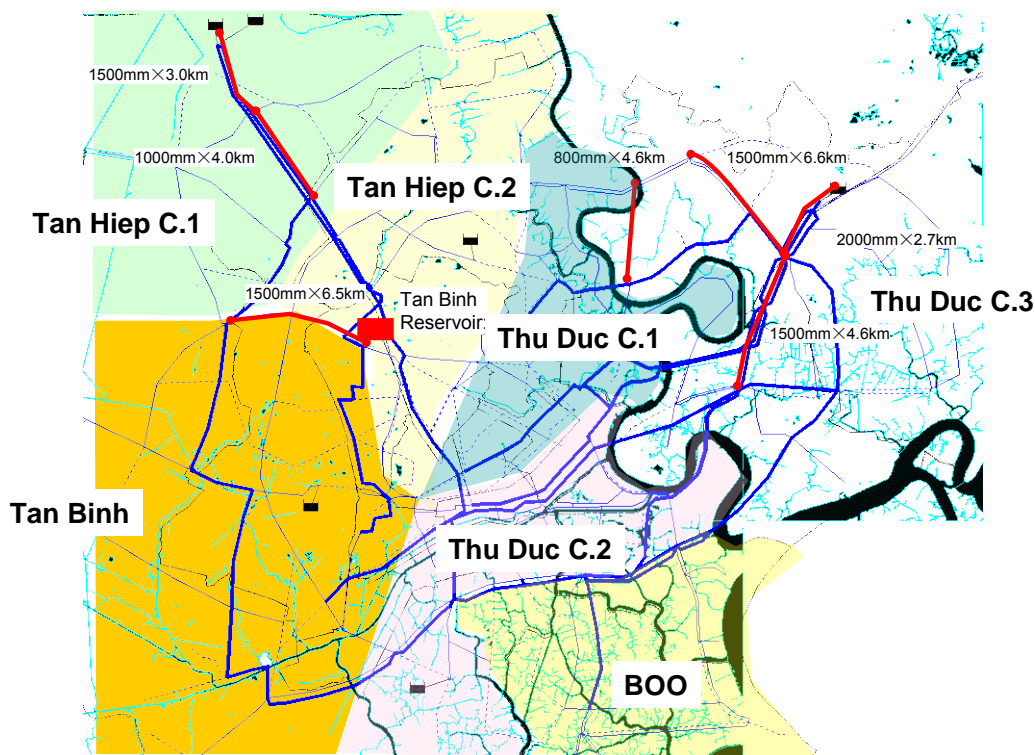


図 2-4-8. Alternative C (based on Alternative B)

- **Alternative D-1. : Thu Duc 系統に配水場（1 か所）を新設**

Alternative B.に基づき、Thu Duc 系統に配水場を設置して配水区域を設定する案として検討した。

最も需要水量の多い市域中心部への配水の負荷が高いことから、市域中心部を配水区域とする配水場を、既設および計画基幹管路の管網形態を考慮して、ホーチミン市動植物園周辺に整備する（ZOO 配水場）ことを仮定し、Thu Duc 系統を、Thu Duc 浄水場直接配水区域、ZOO 配水場配水区域に 2 分割する。配水区域は、Thu Duc 浄水場直接配水区域、ZOO 配水場配水区域、Tan Heip 浄水場直接配水区域、Tan Binh 配水場配水区域、BOO Thu Duc 浄水場直接配水区域の 5 配水区域となる。これは、前節 2-3-3 で検討した b.案（5 配水区域を設定）に該当する。

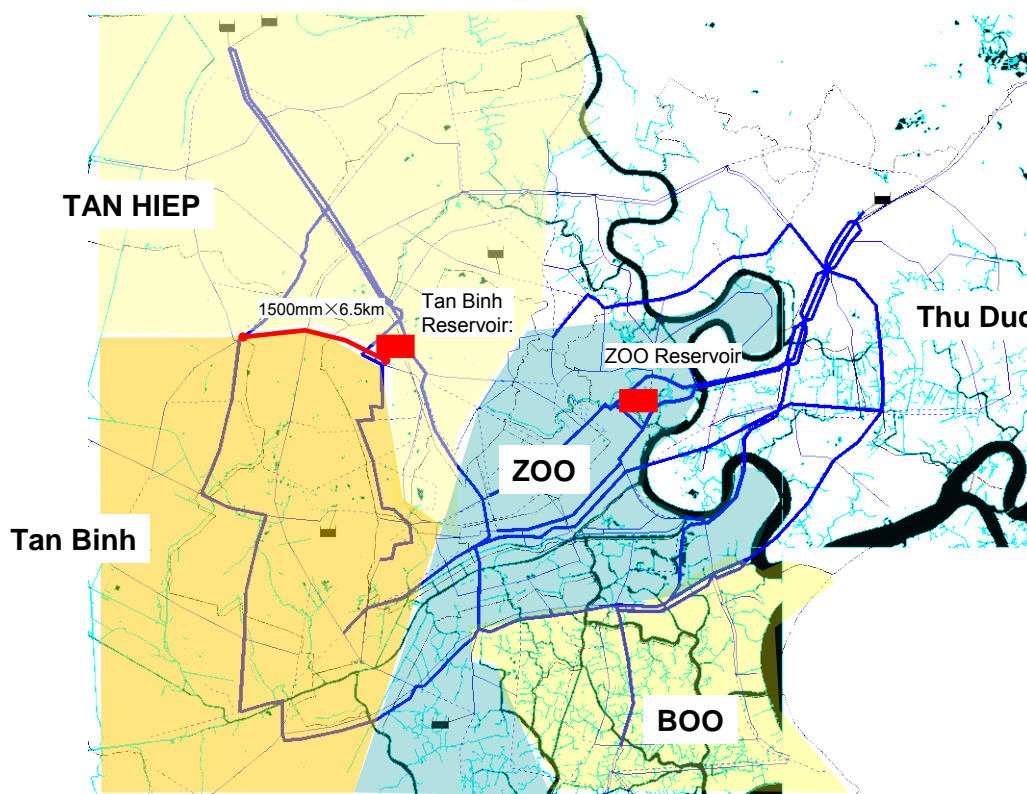


図 2-4-9. Alternative D-1 (based on Alternative B)

- **Alternative D-2. : Thu Duc 系統に配水場（2 か所）を新設**

Alternative B.に基づき、Thu Duc 系統に配水場を設置して配水区域を設定する案として検討した。

最も需要水量の多い市域中心部を、配水区域の配水量のバランスと基幹管路の管網形態を考慮して北側、南側に分割し、ホーチミン市動植物園周辺に整備する配水場（ZOO 配水場）からそれぞれ（別の配水ポンプ系統として）配水するとともに、市域中心部北側に配水場を整備（Gia Dinh Park 配水場）し、合計 7 配水区域を設定する。

Alternative D-1 の派生形とも云える。すなわち、配水施設整備を行っていく過程で、Alternative D-1 の配水区域設定を経て、Alternative D-2 に発展させることが可能である。

配水区域は、Thu Duc 浄水場直接配水区域、ZOO 配水場配水区域（北側）、ZOO 配水場配水区域（南側）、Tan Heip 浄水場直接配水区域、Tan Binh 配水場配水区域、BOO Thu Duc 浄水場直接配水区域の 6 配水区域となる。これは、前節 2-3-3 で検討した c 案（7 配水区域を設定）に該当する。

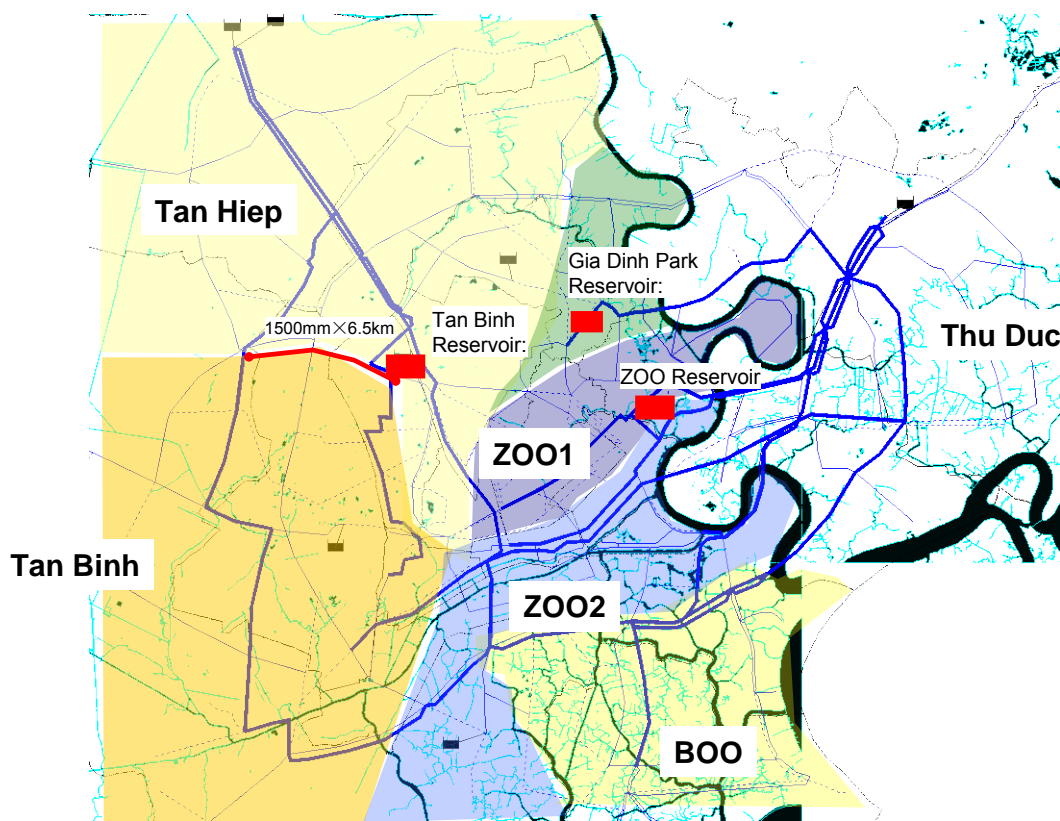


図 2-4-10. Alternative D-2 (based on Alternative B)

- **Alternative. D-3. : Thu Duc 系統末端に配水場（1 か所）を新設**

Alternative B.に基づき、Thu Duc 系統に配水場を設置して配水区域を設定する案として検討した。

Thu Duc 系統の末端となる市域中心部南側に配水場（Phu Lam Park 配水場）を整備して配水区域を設定する。

配水区域は、Thu Duc 浄水場直接配水区域、Phu Lam Park 配水場配水区域、Tan Heip 浄水場直接配水区域、Tan Binh 配水場配水区域、BOO Thu Duc 浄水場直接配水区域の 5 配水区域となる。これは、前節 2-3-3 で検討した b 案（5 配水区域を設定）に該当する。

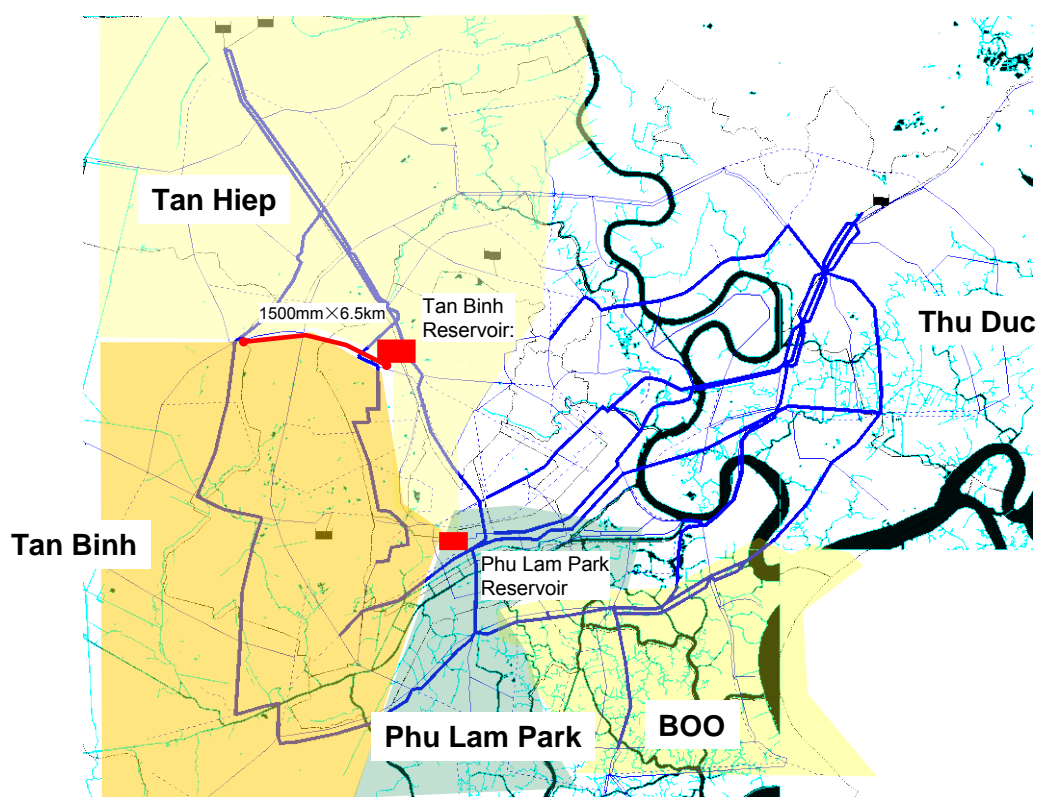


図 2-4-11. Alternative D-3 (based on Alternative B)

2-4-6 管網解析による実現可能性の検討（ステップ2）

Alternative A、B の比較検討の際と同様、各検討・評価項目に対し、各案について解析した結果を以下に示す。

● 実現可能性（水量、吐出圧）

まず、各配水区域設定案の水量、水圧コントロールの技術的な実現可能性を確認するため、計画一日最大配水量、配水ポンプ吐出圧を確認する。それぞれの配水区域の計画一日最大配水量を以下に示す。

表 2-4-13. 配水区域の計画一日最大配水量

Alternatives	Based on Alternative B			
	Alternative C (7 areas)	Alternative D-1 (5 areas)	Alternative D-2 (7 areas)	Alternative D-3 (5 areas)
Thu Duc WTP system (1,950,000m ³ /day)	TD C.1: 707,667 TD C.2: 614,999 TD C.3: 619,435	TD: 844,629 WDP(ZOO): 1,097,472	TD: 678,196 WDP(ZOO1): 594,957 WDP(ZOO2): 457,701 WDP(Gia Dinh Park): 211,247	TD: 1,573,728 WDP(Phu Lam Park): 268,373
BOO Thu Duc WTP system (300,000m ³ /day)	299,600	299,600	299,600	299,600
Tan Hiep WTP system (1,050,000m ³ /day)	TH C.1: 413,618 TH C.2: 236,904 WDP(Tan Binh) 404,455	TH: 650,522 WDP(Tan Binh): 404,455	TH: 650,522 WDP(Tan Binh): 404,455	TH: 650,522 WDP(Tan Binh): 404,455
Total (3,300,000m ³ /day)	3,296,678	3,296,678	3,296,678	3,296,678

Alternative C 案、D-1～D-3 案については、B 案をベースにそれぞれ、さらに ThuDuc 系統を分割している案であることにより、数値的捉えることができる。また C 案は TanHiep 系統をさらに分割した案となっている。いずれも水圧状況の分布を踏まえて、地形・配管状況に応じて分割したものである点は共通事項である。

次に、水理条件を満たすよう設定した各案における配水・送水ポンプ吐出圧力は以下の通りである。

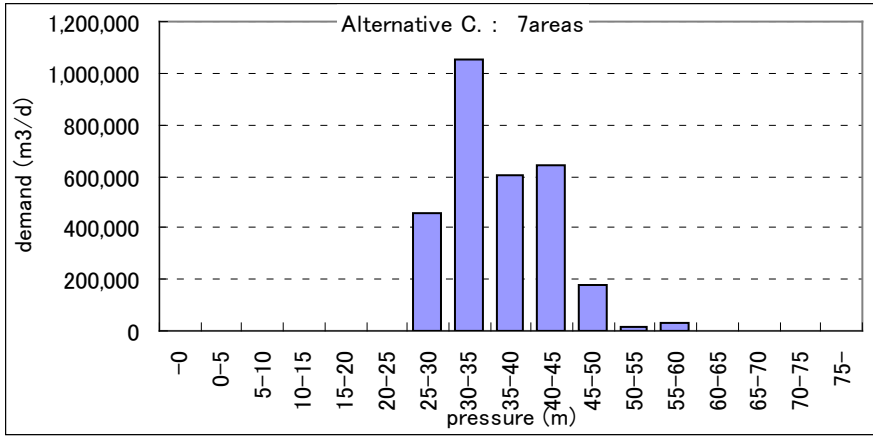
表 2-4-14. 各配水区域設定案における配水ポンプ圧力（水頭：m）

Alternative C		Elevation	Pressure	Total Head	Note
Thu Duc system					
Thu Duc	D2000	13	70	83	Distribution for city central (northern part)
	D2400	13	60	73	Distribution for city central (southern part)
	D2000(new)	13	47	60	Distribution around Thu Duc
Tan Hiep system					
Tan Hiep	D1500	5	61	66	Transmission to Tan Binh Reservoir
	D2000	5	61	66	
	D1500(new)	5	56	61	
Tan Binh		3	48	51	
BOO Thu Duc system					
BOO	D1500	13	59	72	
Alternative D-1		Elevation	Pressure	Total Head	Note
Thu Duc system					
Thu Duc	D2000	13	54	67	
	D2400				
ZOO		2	56	58	
Tan Hiep system					
Tan Hiep	D1500	5	61	66	Transmission to Tan Binh Reservoir
	D2000	5	66	71	
Tan Binh		3	48	51	
BOO Thu Duc system					
BOO	D1500	13	59	72	

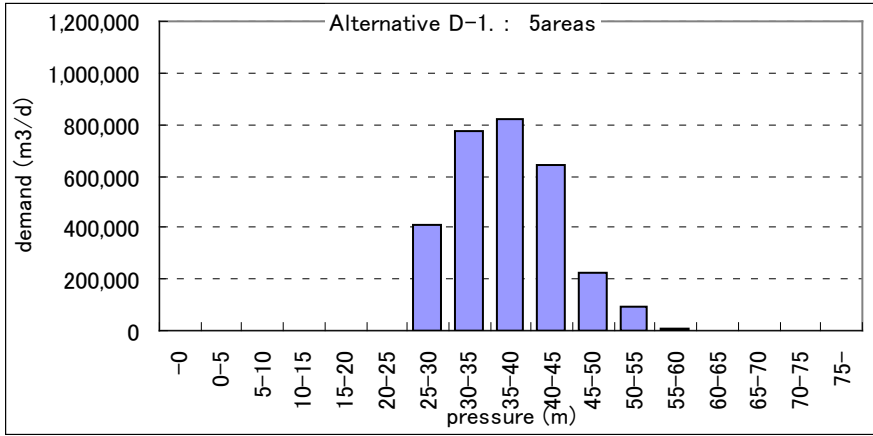
Alternative D-2		Elevation	Pressure	Total Head	Note
Thu Duc system					
Thu Duc	D2000	13	51	64	
	D2400				
	ZOO1	2	56	58	
	ZOO2	2	54	56	
	Gia Dinh	9	34	43	
Tan Hiep system					
Tan Hiep	D1500	5	61	66	Transmission to Tan Binh Reservoir
	D2000	5	66	71	
Tan Binh		3	48	51	
BOO Thu Duc system					
BOO	D1500	13	59	72	
Alternative D-3		Elevation	Pressure	Total Head	Note
Thu Duc system					
Thu Duc	D2000	13	68	81	
	D2400				
Phu Lam Park		1	50	51	
Tan Hiep system					
Tan Hiep	D1500	5	61	66	Transmission to Tan Binh Reservoir
	D2000	5	66	71	
Tan Binh		3	48	51	
BOO Thu Duc system					
BOO	D1500	13	59	72	

上記表から明らかなおり、浄水場からの送水・配水圧をもっとも低減できる案は Alternative D-2 であることがわかる。

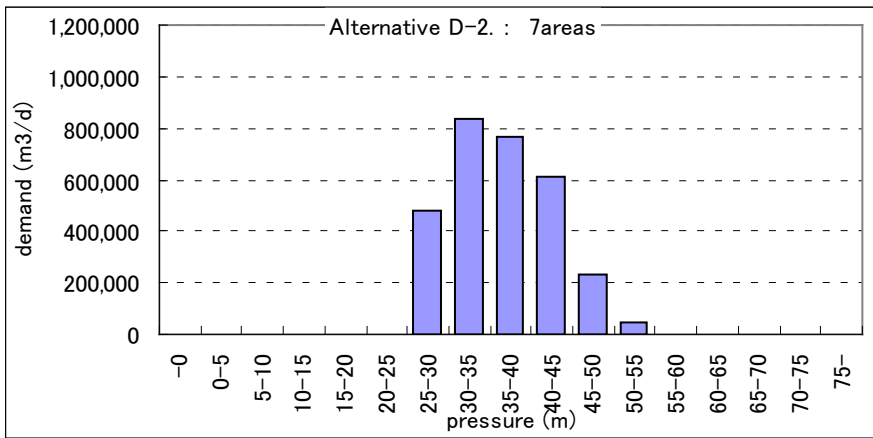
水压分布 Alternative C



水压分布 Alternative D-1



水压分布 Alternative D-2



水圧分布 Alternative D-3

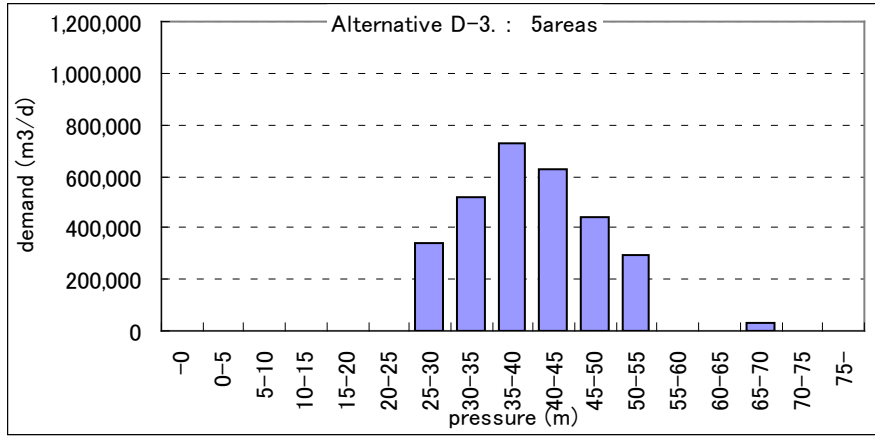
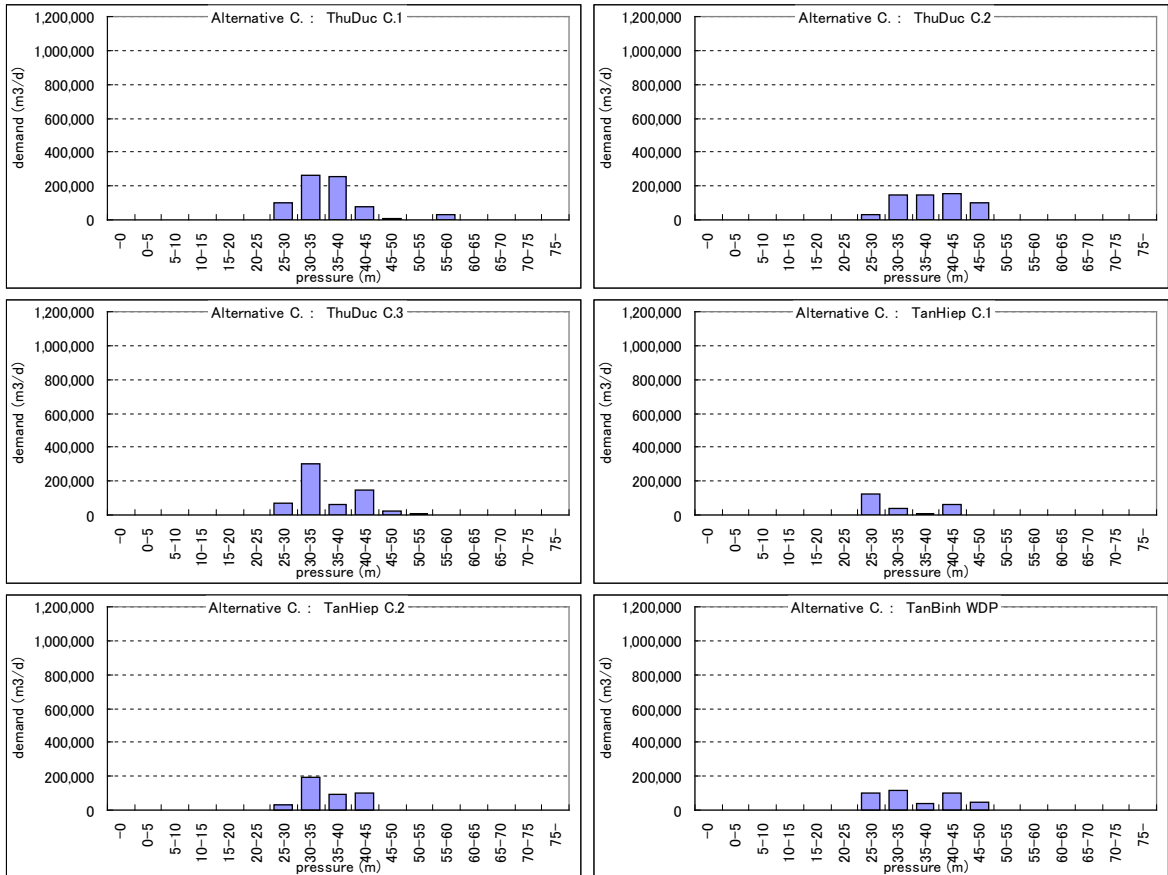


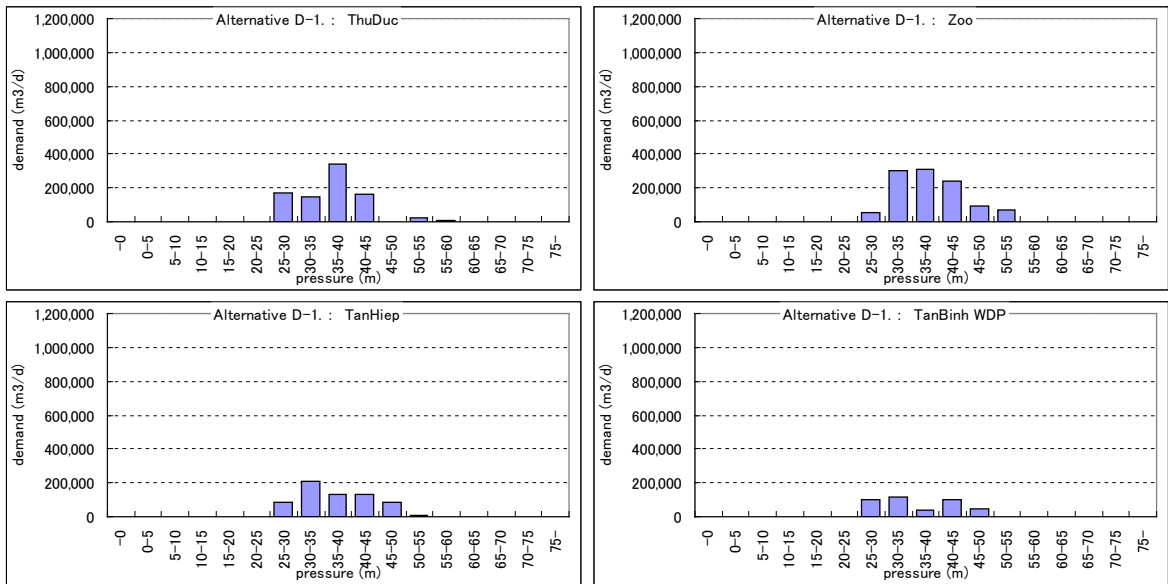
図 2-4-15 各案別の水圧分布

上記水圧分布図からも明らかなおり、Alternative D-1, D-3 は、50m+G.L.を超える有効水頭の需要節点多く存在するが、Alternative C, D-2 は、比較的水圧バランスに優れている。

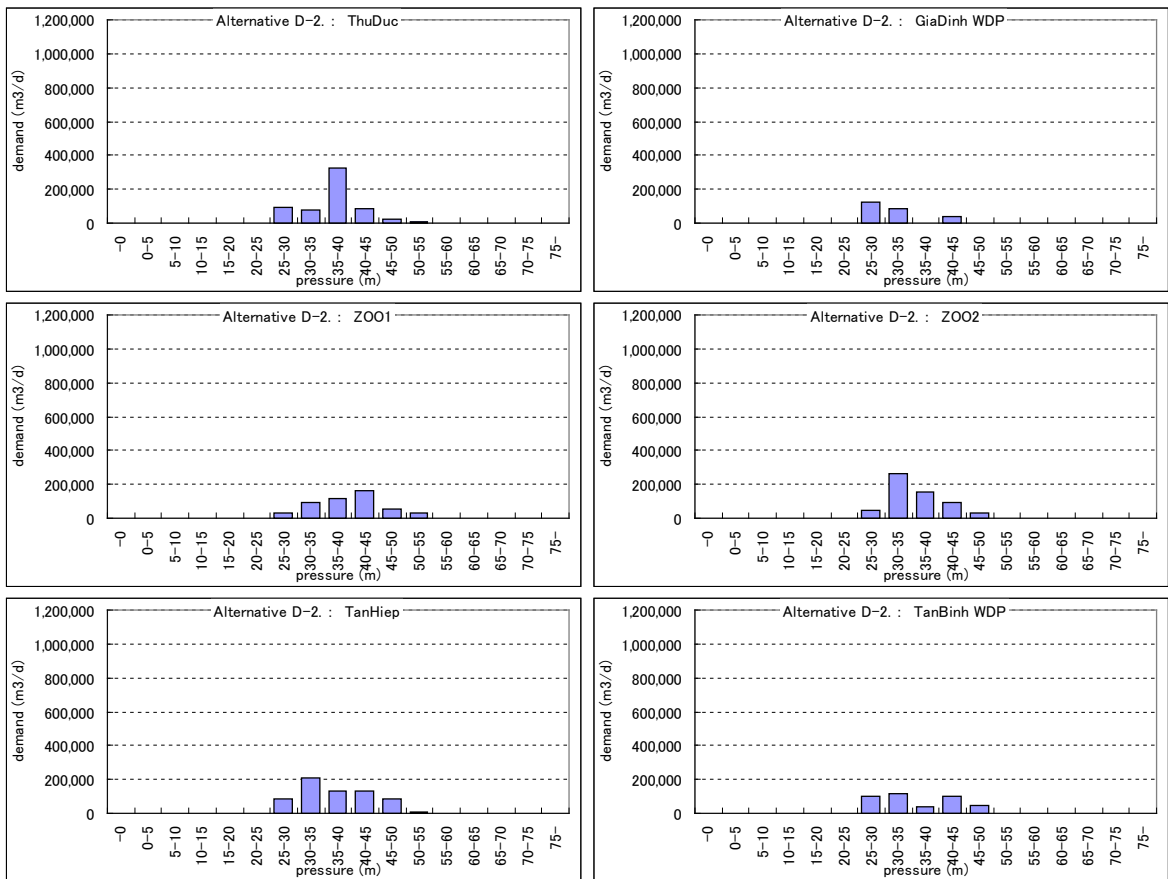
配水区域別水圧分布 Alternative C



配水区域别水压分布 Alternative D-1



配水区域别水压分布 Alternative D-2



配水区域別水圧分布 Alternative D-3

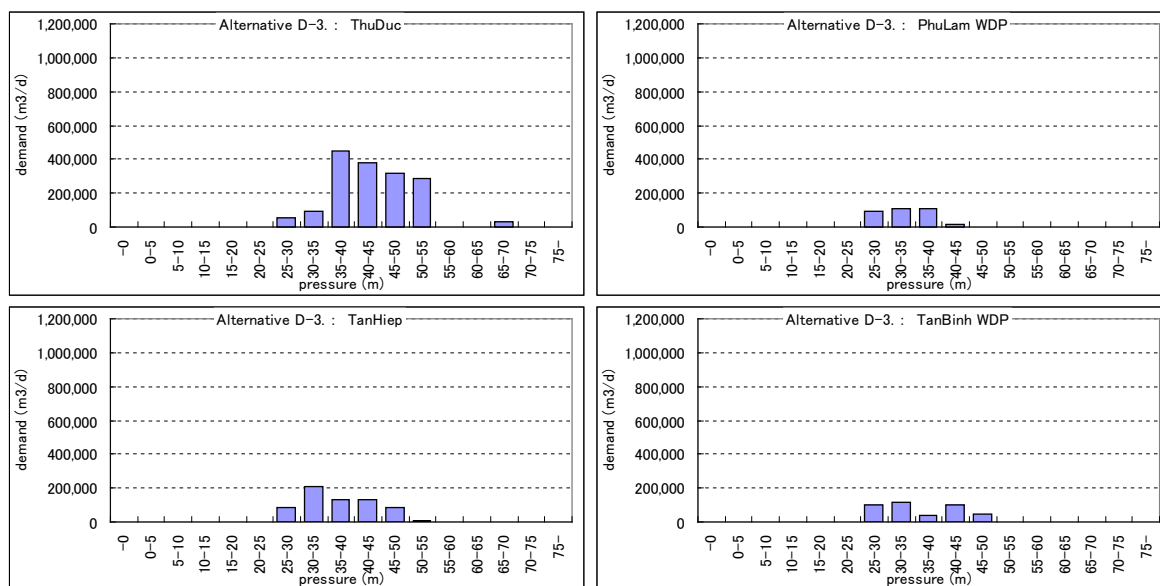


図 2-4-16 配水区域別水圧分布

配水区域別水圧分布から、Alternative C の Thu Duc 浄水場直接配水区域 (C1)、Alternative D-1 の Thu Duc 直接配水区域、Alternative D-3 の Thu Duc 直接配水区域において、有効水頭 55m を越える節点が生じている。水圧バランスの点で Alternative D-2 が Thu Duc 系統の水圧バランス改善で比較優位であると云える。

● 水圧バランス (漏水量)

前述の算出式に基づき、C および $A_i \times L_i$ の条件のもとで、各 Alternative における P_i の分布に応じて、想定漏水量を算出した結果を、以下に示す。

表 2-4-15. 各配水区域案における想定漏水量 (m³/day)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
Water losses(LPS)	9,446	9,510	9,450	9,700
water losses (m³/d)	811,700	819,400	814,200	838,900
difference between AlternativeA	36,300	28,600	33,800	9,100
ratio of AlternativeA	96%	97%	96%	99%

漏水量は水圧分布に依存するため、先の配水圧の分布の結論と同様、Alternative D-2、並びに C が最も優れた案となっている。

- 末端到達時間

前述の算出式により、各案における末端到達時間を以下の通り算出した。

表 2-4-16. 各配水区域案における末端到達時間(hour)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
average (h)	9.4	8.5	8.4	8.9
max (h)	22.9	19.2	19.2	19.2

給水管に至るまでの流達時間の目安を 48 時間以内となるように考えると、それぞれ問題ない範囲である。相対的には配水場の設置による Thu Duc 系統を分割する D-1, D-2, D-3 案が優位である。

- 省エネルギー

ポンプ吐出量とポンプ揚程は、Alternative 毎に管網計算によって求めた値を採用し、その他の条件は設備規模等の条件に応じて設定した。

表 2-4-17. 各ポンプ場の電動機出力 (kW)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
TD(C.3)	9,212	20,408	19,494	24,672
Reservoir1(zoo1)		9,983	5,412	
Reservoir2(zoo2)			4,020	
Reservoir3(GiaDinh)			1,425	
Reservoir4(PhuLam)				2,614
TDC.1	7,041			
TDC.2	5,829			
TDtotal	22,082	30,391	30,351	27,286
BOO	3,383	3,383	3,383	3,383
TH1transmission pump	4,187	4,187	4,187	4,187
TH1	3,235	3,235	3,235	3,235
TH2	4,281	7,244	7,244	7,244
TH3	2,266			
THtotal	13,969	14,666	14,666	14,666
total	39,434	48,440	48,400	45,335

省エネルギーの観点から上記表の数字を考察すると、AlternativeC は管路整備によって必要な通水能力を確保するのに対し、AlternativeD は管路整備を低く抑え、ポンプ加圧によって必要な通水能力を確保するというコンセプトに基づいているが、その特徴が表れた結果となっている。

- Thu Duc 系では、配水エリアを分割することにより最適な揚程での配水を行う AlternativeC において電動機出力を最も小さく抑えることができる。

● 整備費用

先と同様、各案に対する整備費用について、整理した結果を以下に示す。

表 2-4-18. 最低限必要となる配水池容量

(m³)

Alternatives	Based on Alternative B			
	Alternative C (7areas)	Alternative D-1 (5 areas)	Alternative D-2 (7areas)	Alternative D-3 (5 areas)
Required reservoir volume (Minimum)	Tan Binh 35,000	Tan Binh 35,000	Tan Binh 35,000	Tan Binh 35,000
		ZOO 96,000	ZOO 92,000 Gia Dinh Park 18,000	Phu Lam Park 32,000

表 2-4-19.WSMP に追加して必要となる整備費用 (mil.VND)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
Reservoir	358,173	1,333,456	1,479,516	642,898
Reservoir	115,500	432,300	478,500	207,900
punping station	242,673	901,156	1,001,016	434,998
Pipeline	1,867,660	1,084,177	1,213,277	1,688,577
New	986,535	290,500	419,600	894,900
M/P increased	770,234	682,786	682,786	682,786
WSMP original	△ 370,009	△ 370,009	△ 370,009	△ 370,009
Renewal increased	1,211,300	1,211,300	1,211,300	1,211,300
Renewal original	△ 730,400	△ 730,400	△ 730,400	△ 730,400
Total	2,225,833	2,417,633	2,692,793	2,331,475

- その他

以下、各案における配水区域の特徴を表す、各配水区域の給水人口、面積、工業地域の面積情報について参考情報として示す。

表 2-4-20. 配水区域の想定給水人口 (人)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
TD (C.3)	2,056,500	2,229,500	1,548,500	4,336,750
Resever1(zoo1)		3,194,000	1,375,500	
Resever2(zoo2)			1,818,500	
Resever3(GiaDinh)			681,000	
Resever4(PhuLam)				1,086,750
TD C.1	1,818,500			
TD C.2	1,548,500			
TD total	5,423,500	5,423,500	5,423,500	5,423,500
BOO	912,000	912,000	912,000	912,000
TanBinh WDP	971,000	971,000	971,000	971,000
TH (C.1)	1,241,000	1,943,500	1,943,500	1,943,500
TH C.2	702,500			
TH total	2,914,500	2,914,500	2,914,500	2,914,500
total	9,250,000	9,250,000	9,250,000	9,250,000

表 2-4-21. 配水区域の面積 (km²)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
TD (C.3)	64.6	240.0	214.6	311.2
Resever1(zoo1)		147.8	39.2	
Resever2(zoo2)			108.6	
Resever3(GiaDinh)			25.4	
Resever4(PhuLam)				76.6
TD C.1	108.6			
TD C.2	214.6			
TD total	387.8	387.8	387.8	387.8
BOO	129.1	129.1	129.1	129.1
TanBinh WDP	221.3	221.3	221.3	221.3
TH (C.1)	133.9	221.5	221.5	221.5

TH C.2	87.6			
PhuLam WDP				
TH total	442.8	442.8	442.8	442.8
total	959.7	959.7	959.7	959.7

表 2-4-22. 配水区域の想定工業地域面積 (ha)

	Alternative C 7 areas	Alternative D-1 5 areas	Alternative D-2 7 areas	Alternative D-3 5 areas
TD (C.3)		1,261	1,261	1,531
Resever1(zoo1)		418		
Resever2(zoo2)			418	
Resever3(GiaDinh)				
Resever4(PhuLam)				148
TD C.1	418			
TD C.2	1,261			
TD total	1,679	1,679	1,679	1,679
BOO	1,680	1,680	1,680	1,680
TanBinh WDP	1,248	1,248	1,248	1,248
TH (C.1)	327	854	854	854
TH C.2	528			
TH total	2,102	2,102	2,102	2,102
Total	5,461	5,461	5,461	5,461

● 配水区域設定案の比較評価

前述の各検討項目を整理し、比較表としてまとめた結果を以下に示す。

各項目については基本的には3段階評価で表しており、それぞれ***** : Good、*** : Standard、* : not good を基準としているが、相対比較のため****、**を補足的に使用し、最終的には5段階評価として表している。

表 2-4-23 配水区域設定案の比較

	Alternative C	Alternative D-1	Alternative D-2	Alternative D-3
Required upgrade	***(common)	(common)	(common)	(common)
-Common pipes *1				
- Reservoir *2	35000m3 Tan Binh	35000m3 Tan Binh	35000m3 Tan Binh	35000m3 Tan Binh
- Pipes *3	*** D1500mm 6.5km	D1500mm 6.5km	D1500mm 6.5km	D1500mm 6.5km
Additional upgrade for each solutions	*	not necessary	not necessary	not necessary
- Network *4	Necessary			
- Reservoir *5	*****	96000m3	92000m3 18000m3	32000m3
Pressure and Flow control	*****			
Estimated Leakage volume	(96%) 811,700m3/d	(97%) 819,400m3/d	(96%) 814,200m3/d	(99%) 838,900m3/d
Energy Saving				
Water quality controllability	*****			
Feasibility	***			
Comments	Common	Preparation of land	Preparation of land, best location	Preparation of best location

	Alternative C	Alternative D-1	Alternative D-2	Alternative D-3
Required upgrade	843,677	843,677	843,677	843,677
-Common pipes *1				
- Reservoir *2	115,500 (Reservoir) 242,673 (PS)	115,500 (Reservoir) 242,673 (PS)	115,500 (Reservoir) 242,673 (PS)	115,500 (Reservoir) 242,673 (PS)
- Pipes *3	240,500	240,500	240,500	240,500
Additional upgrade for each solutions	783,483	0	0	0
-Network *4				
- Reservoir *5	0	316,800 658,483	363,000 758,343	105,600 221,024
Estimated costs	2,225,833 million VND	2,437,633 million VND	2,583,693 million VND	1,788,974 million VND
Evaluation	***	***	***	****

当初 25m+G.L.以上 75m+G.L.未満の水力条件を満たすよう検討していたものの、この段階（ステップ2）における評価要素として重要なものは、既存基幹管路や3級管の耐圧性能、既存配水ポンプやサージタワーの活用性などについてである。

上記を踏まえ、追加検討した配水区域設定案の比較検討の結果、主なものを挙げると以下の通りとなる。

- Alternative C では、基幹管路を追加することにより Tan Hiep 浄水場直接配水区域、Thu Duc 浄水場直接系統をそれぞれ 2 系統、3 系統に分割しているが、特に、Thu Duc 浄水場から市域中心部への配水について、配水ポンプ圧力が既存施設的能力を超えることとなる。

- Alternative D-1、D-3 については、Thu Duc 系統末端の配水圧力向上に一定の効果があるものの、配水区域の計画一日最大配水量が小さいため、水圧バランス改善などに寄与する効果は限定的である。

Alternative D-1, D-2, D-3 については、Alternative B に基づき、大きすぎる Thu Duc 系統に 2 次配水場を追加する案である。前述の通り、コストはかかるものの、Alternative D-2 の 7 配水区域にすることで、配水ポンプ圧力も既存施設能力程度とすることが出来る。

すなわち、既存配水ポンプ揚程に近い配水ポンプ吐出圧にて適正給水を実現できる、Alternative D-2 が実現可能性の面で最も優れた案であると評価した。

したがって、以降 2025 年に向けた配水施設整備のロードマップの検討においては Alternative D-2 を基に検討を行うこととした。

2-5. 配水施設整備のロードマップの検討

2-5-1 整備計画の前提条件

前節までは 2025 年の需要をターゲットに最終的な配水システム構築について検討を進めてきた。しかしながらロードマップを検討していくに当たっては、既存の施設、整備計画に沿った形で実現化案の検討が必要となる。

そこで配水施設整備のロードマップを考慮していく上で、前提となる将来の想定需要が WSMP においてどのように設定されているのか分析を行った。まず WSMP における将来の想定需要を配水管網図上に示した。(図 2-5-1)

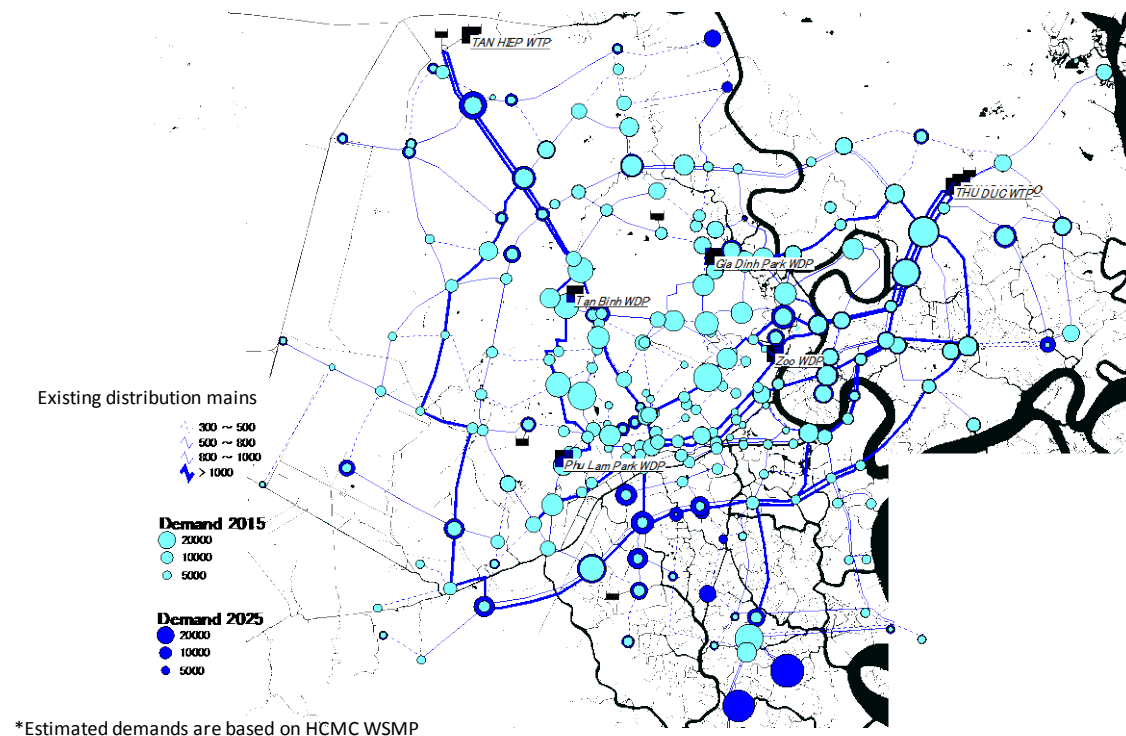


図 2-5-1. WSMP における想定需要 (2015 年、2025 年)

上記、想定需要に関する特徴は、以下の通り。

- 市域中心部は、既に開発されている地域で、2015 年時点（あるいは現在で）需要はほぼ飽和している。
- 一方、市域北部および東部（Thu Duc 区、2 区方面）については、現在は開発途中であるものの、2015 年想定で需要が増加しており、以後 2025 年想定に向けての増加量は比較的少ない。
- 市域西部については、現在未開発であるが、2015 年想定では一定の需要が見込まれている。以後 2025 年想定に向けて水需要は増加している。
- 市域南部については、現在未開発であるが、2015 年想定では一定の需要が見込まれている。以後 2025 年想定に向けて水需要は比較的大きく増加している。

● 整備優先度の検討

想定需要の分析から、2015 年時点の想定需要においては、未開発である郊外に一定の需要が見込まれているため、これに対応した配水施設整備を行うためには、ほぼすべての計画路線を 2015 年に向けて整備する必要があることになる。

しかしながら実際には、2012 年現在もこうした郊外地域の開発が進んでいない状況であり、2015 年までにほぼすべての計画路線を整備することは現実的ではない。実際の開発状況に応じて、例えば開発道路の整備に合わせて基幹管路整備を行うことが望ましい。

したがって、ロードマップ検討においては、計算上は市域中心部以外の計画路線を整備することを想定しつつも、まずは既に需要がほぼ飽和している、市域中心部の配水改善のための配水施設整備の優先順位付けを主眼に検討していくこととした。

● 市域南部への配水

BOO Thu Duc 浄水場と SAWACO は、30 万 m^3 /日の引き取り契約を行っており、かつ、BOO Thu Duc 浄水場の浄水単価が高いため、SAWACO は、BOO Thu Duc 浄水場からの配水量（あるいは送水量）を、30 万 m^3 /日に固定することが事実上必要となる。

また、BOO Thu Duc 浄水場の配水区域は既存基幹管路の管網形態により、Nha Be 地域から Can Gio 地域とすることが、中間に配水池（計画）を伴うポンプ場があり、施設整備費用を考慮した場合、合理的である。

その一方で、市域南部は 2015 年から 2025 年にかけて大きく給水需要が増加する想定であることから、BOO Thu Duc 浄水場の配水量を 30 万 m^3 /日とするためには、給水需要の増加に応じて、適宜配水区域を変更する必要があることとなる。

現実的な配水管理上は、頻りに配水区域を変更することは、水利用者与える影響（配水区域変更作業に伴う断水やにごり水の発生）、業務効率など様々な面から課題が大きい。

こうした課題を解決する方法として、Alternative D-2 の ZOO 配水場の市域中心部南側への配水機能を、BOO Thu Duc 浄水場からの既設基幹管路上に設定する南部配水場に移し、配水区域を市域中心部南側および Nha Be 地域、Can Gio 地域に設定することで、BOO Thu Duc 浄水場から南部配水場に 30 万 m^3 /日を一定送水するとともに、変動する配水量分については、Thu Duc 浄水場の直接配水区域から、二次配水場として引水することが、現実の整備計画として望ましいと判断した。

なお、この変更に伴い、これまで BOO Thu Duc 系統の配水管として用いる必要のあった計画路線（環状 2 号線）を Thu Duc 配水場直接配水区域への配水および南部配水場への送水に用いることができる。

● Tan Hiep 系統の配水圧の考慮

Tan Hiep 系統については、2025 年の想定需要 105 万 m^3 /日に対して、既設 $\phi 1,500\text{mm}$ 、計画 $\phi 2,000\text{mm}$ の 2 条では能力不足であり、その結果として、Tan Binh 配水場を整備する場合においても、 $\phi 1,500\text{mm}$ 送水管の送水ポンプ圧力が 61m+G.L.、 $\phi 2,000\text{mm}$ 配水管による Tan Hiep 浄水場直接配水区域への配水ポンプ圧力が 66m + G.L.と既存施設の能力を超えて増加することとなる。そこで、 $\phi 2,000\text{mm}$ を Tan Binh 配水場への送水管とすることにより、Tan Binh 配水場配水区域を拡大し、Tan Hiep 浄水場直接配水区域については、既設 $\phi 1,500\text{mm}$ をそのまま配水管として用いて、計画一日最大配水量を 30 万 m^3 /日程度まで縮小することにより、配水区域を再構築することを検討した。

● 配水場候補地

配水場の規模、並びに実際の土地の利用状況を踏まえ、以下、可能性のある候補地により、配水場整備を検討した。

- Tan Son Nhat 空港南側 SAWACO 用地（Gia Dinh 地域を配水区域とする配水場）
- Phu Lam Park 公園（Binh Chanh 地域を配水区域とする配水場）

その他の配水場については、次の通り配水場候補地を設定した。

➤ ZOO 配水場

既設および計画基幹管路の管網形態から、ホーチミン市動植物園周辺で設定

➤ Tan Binh 配水場

既設基幹管路の管網形態から、既設 Tan Binh 地下水浄水場周辺で設定した。なお、地下水浄水場は 2025 年においてもバックアップとして位置づけられている。

しかし、水源井戸周辺で都市化が進んでおり水源水質の悪化が見込まれること、塩分濃度の上昇の影響が予測されること、ホーチミン市では地下水汲み上げ規制が行われていることなどから、配水場の候補地とすることが期待される。

➤ 南部配水場

既設および計画基幹管路の管網形態から、7 区 Nguyen Van Linh 通り周辺で設定した。

これら課題の検討結果として、Thu Duc 系統については、市域中心部を配水区域とする ZOO 配水場、Nha Be 地域と Can Gio 地域を含む市域南部を配水区域とする South 配水場、Gia Dinh 地域を配水区域とする Tan Son Nhat 配水場の 3 つの二次配水場を設定し、Tan Hiep 系統については Tan Hiep 浄水場直接配水区域を 21.5 万 m³/日まで縮小し、Tan Binh 配水場には φ2,000mm 送水管により 83.5 万 m³/日を送水、Tan Binh 配水場配水区域内に二次配水場として Binh Chanh 地域を配水区域とする Phu Lam Park 配水場を整備する最適配水区域設定案を作成した。

この最適配水区域案の概要、水圧分布、給水人口、面積、最低限必要な配水池容量については、図 2-5-2~4、及び表 2-5-1~5 に示すとおりである。

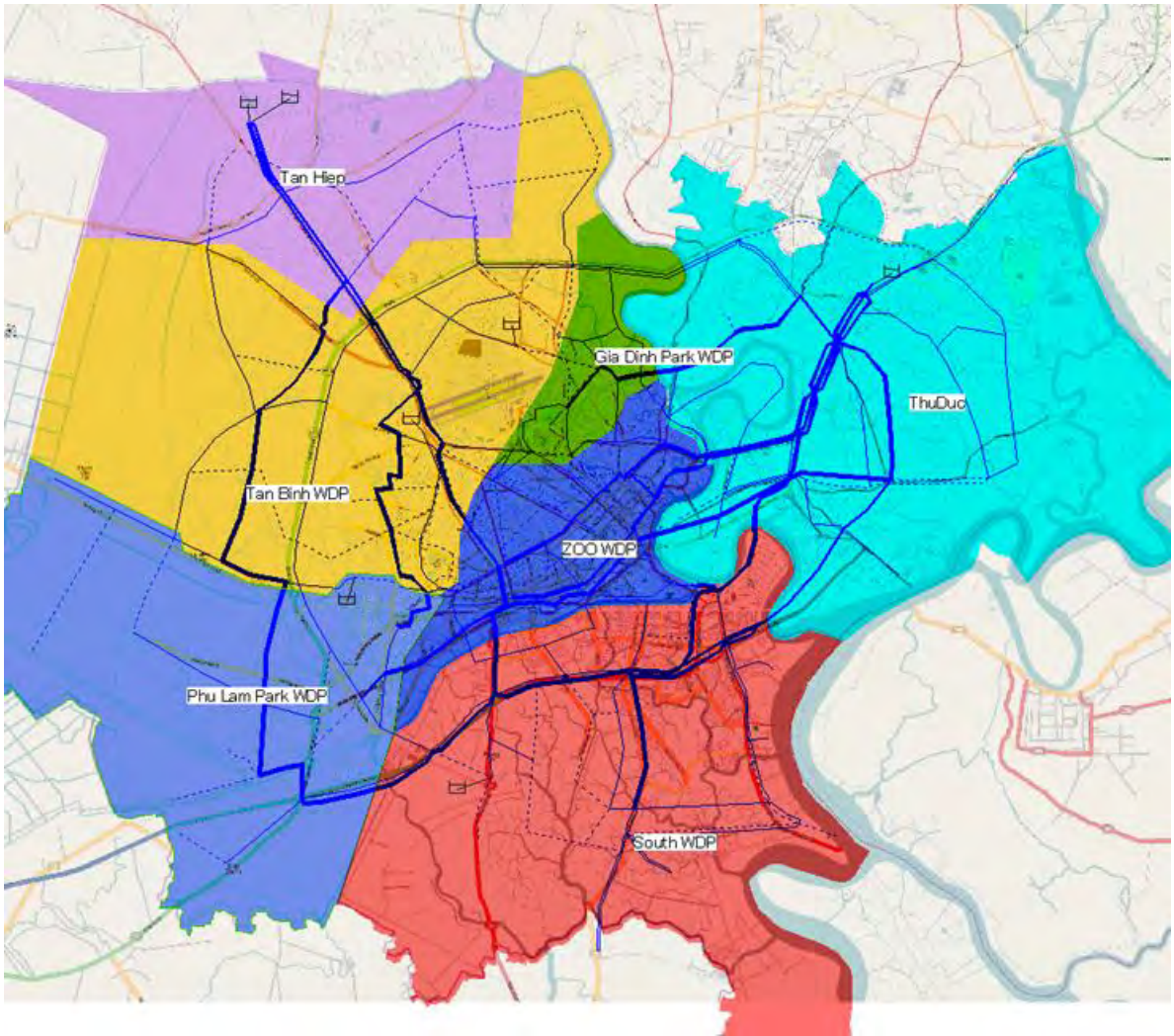


図 2-5-2. ロードマップを考慮した最適配水区域設定案

表 2-5-1. 配水区域の計画一日最大配水量・時間最大配水量

		WTP capacity	Planned maximum daily water supply	Transmission to secondary distribution facilities	Hourly maximum water supply	
		(m ³ /day)	(A) (m ³ /day)	(B) (m ³ /day)	(C) = (A)+(B) (m ³ /day)	(D) = (A)/24 x 1.3 + (B)/24 (m ³ /h)
		(Primary distribution/Transmission)	(Secondary distribution)			
Thu Duc System			2,250,000	2,241,701		
Thu Duc WTP			1,950,000			
(Including transmission from Binh An WTP)	Distribution pump station in WTP			678,197	1,263,504	1,941,701
	ZOO WDP			770,523		770,523
	Tan Son Nhat WDP			211,246		211,246
BOO Thu Duc WTP			300,000			
	Distribution(Transmission) pump station in WTP			300,000		300,000
	South WDP			581,735		581,735
Tan Hiep System			1,050,000	1,054,976		
Tan Hiep WTP			1,050,000			
(Including transmission from Kenh Dong)	Distribution pump station in WTP			217,345		217,345
	Transmission pump station in WTP				837,631	837,631
	Tan Binh WDP			584,080	253,551	837,631
	Phu Lam Park WDP			253,551		253,551
Total			3,300,000	3,296,677		

表 2-5-2. 配水ポンプ吐出圧 (m)

Thu Duc System		Elevation Pressure		Total Head	Note
Thu Duc WTP	D2000	13	51	64	
	D2400				
ZOO WDP		2	56	58	
Tan Son Nhat WDP		9	34	43	
BOO Thu Duc WTP		13	50	63	Direct transmission to Southern WDP
Southern WDP		1	56	57	
Tan Hiep System		Elevation Pressure		Total Head	Note
Tan Hiep WTP	D1500	5	40	45	
	D2000	5	56	61	Direct transmission to Tan Binh WDP
Tan Binh WDP		3	46	49	
Phu Lam Park WDP		1	49	50	

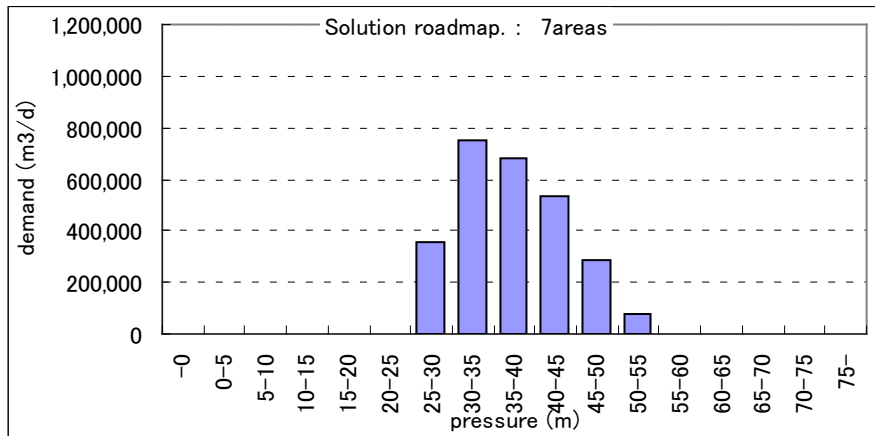


図 2-5-3. 最適配水区域設定案の水圧分布

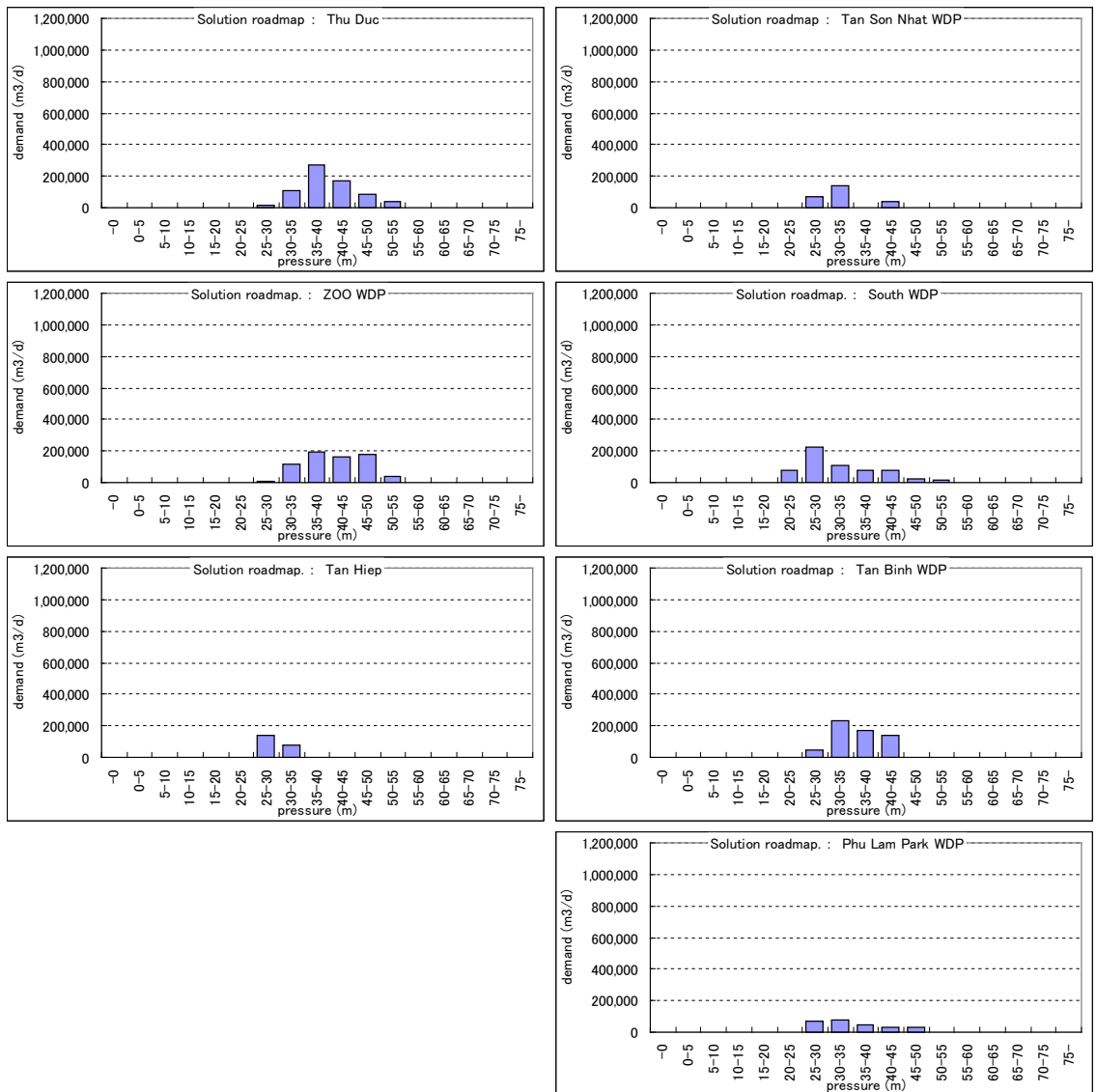


図 2-5-4. 配水区域ごとの水圧分布

表 2-5-3. 配水区域の想定給水人口
(人)

Thu Duc System	
Thu Duc WTP	1,796,000
ZOO WDP	2,000,500
Tan Son Nhat WDP	681,000
Southern WDP	1,858,000
Tan Hiep System	
Tan Hiep WTP	760,000
Tan Binh WDP	1,648,500
Phu Lam Park WDP	506,000
Total	9,250,000

表 2-5-4. 配水区域の面積
(km²)

Thu Duc System	
Thu Duc WTP	220.4
ZOO WDP	54.1
Tan Son Nhat WDP	25.4
Southern WDP	217.0
Tan Hiep System	
Tan Hiep WTP	93.6
Tan Binh WDP	333.3
Phu Lam Park WDP	15.9
Total	959.7

表 2-5-5. 最低限必要となる配水池容量と推奨配水池容量

		Planned maximum daily water supply	Reservoir volume (Minimum)	Reservoir volume (Recommended)
		(A)	(B) = (A)/24 x 2.1	(C) = (A)/24 x 4.0
(Primary distribution/Transmission)	(Secondary distribution)	(m ³ /day)	(m ³)	(m ³)
Thu Duc System		2,241,701	138,000	262,000
Thu Duc WTP (Including transmission from Binh An WTP)	Distribution pump station in WTP	678,197		
	ZOO WDP	770,523	68,000	129,000
	Tan Son Nhat WDP	211,246	19,000	36,000
BOO Thu Duc WTP				
	Distribution(Transmission) pump station in WTP			
	South WDP	581,735	51,000	97,000
Tan Hiep System		1,054,976	75,000	141,000
Tan Hiep WTP (Including transmission from Kenh Dong)	Distribution pump station in WTP	217,345		
	Transmission pump station in WTP			
	Tan Binh WDP	584,080	52,000	98,000
	Phu Lam Park WDP	253,551	23,000	43,000
Total		3,296,677	213,000	403,000

2-5-2 配水施設整備計画の策定

前節で検討した最適配水区域設定案に基づき、2025年に向けた配水施設整備計画（ロードマップ）を検討する。

配水管整備の検討対象は、1,000mm以上の基幹管路とし、WSMP計画路線の新設（口径や延長の変更）、基幹管路の新設（WSMPでは考慮されていない）、経年既設管路の改良更新（口径や延長の変更）について整理した。

配水場の新設と配水管整備のロードマップは、WSMPの浄水場拡張計画を勘案し、検討する。

● 配水施設整備項目

配水施設整備項目の概要を図2-5-5に示す。

➤ 配水場

最適配水区域設定案に基づき、必要となる配水場整備について、用地取得の見通しを確認する観点から、必要とされる用地面積を表2-5-6に整理した。

➤ 基幹管路整備

時間係数を考慮することに伴う配水能力の増強と、配水場の整備により必要となる基幹管路整備について、WSMP計画路線、本調査で新たに提案する新設路線、経年既設管路の改良更新に分類し、表2-5-7に整理した。

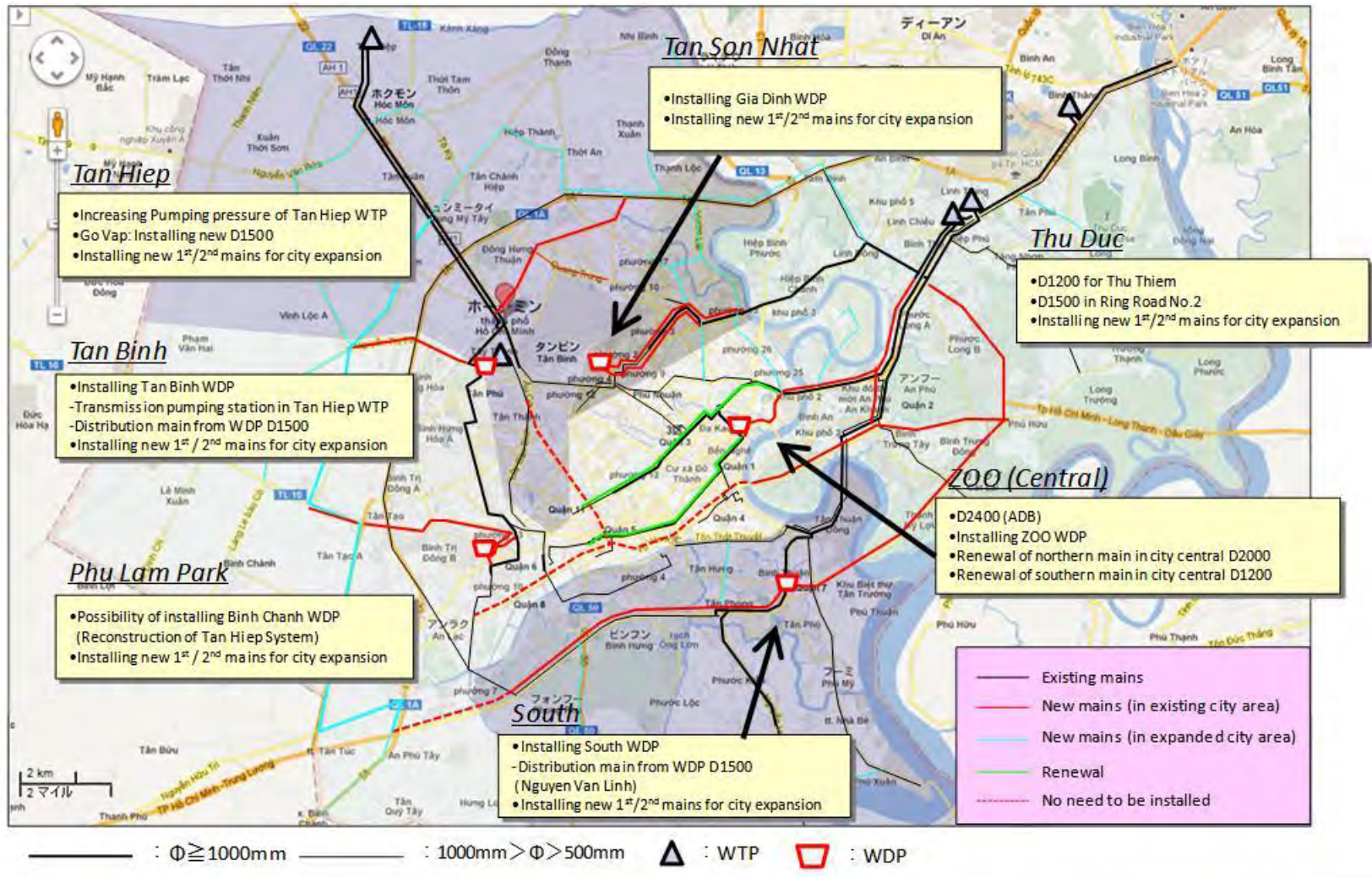


図 2-5-5 配水施設整備項目の概要

表 2-5-6 配水場整備計画と所要面積

		Reservoir volume (Recommended)	Reservoir area	Building area for pump station	Land area for WDP
		(A)	(B) = (A) / 5.0	(C)	(D)
		(m ³)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
		(Primary distribution/Transmission)	(Secondary distribution)		
Thu Duc System					
Thu Duc WTP					
(Including transmission from Binh An WTP)	Distribution pump station in WTP				
	ZOO WDP	129,000	25,800	3,200	77,400
	Tan Son Nhat WDP	36,000	7,200	700	21,600
BOO Thu Duc WTP					
	Distribution(Transmission) pump station in WTP				
	South WDP	97,000	19,400	2,400	58,200
Tan Hiep System					
Tan Hiep WTP					
(Including transmission from Kenh Dong)	Distribution pump station in WTP				
	Transmission pump station in WTP				
	Tan Binh WDP	98,000	19,600	2,400	58,800
	Phu Lam Park WDP	43,000	8,600	900	25,800
Total					
NOTE:					
Reservoir volume (A) is calculated with condition of 4.0 hours reserve volume of maximum daily supply.					
Reservoir area (B) is calculated with condition of 5.0 m of effective depth of reservoir.					
Land area (D) includes Reservoir area (B) and Building area for pump station (C), is only a recommendation based on OMWB existing WDP dimensions.					
As for Tan Son Nhat WDP;					
- SAWACO might have to consider increasing effective depth of the reservoir and/or reducing effective volume of the reservoir in order to layout all facilities within a limited land of the site.					
- SAWACO might be strongly recommended to confirm access route for flow-in and flow-out mains. It will affect the layout of required facilities of WDP.					

表 2-5-7 必要となる基幹管路整備（主なもの）

Mains planned in WSMP							
Road	From	To	WSMP		JICA Recommendation		Note
			Diameter (mm)	Length (km)	Diameter (mm)	Length (km)	
Ring Road No.2	Xa lo Ha Noi	South WDP	1800	9.2	1500	9.2	
Ring Road No.2	Xa lo Ha Noi	South WDP	1500	5.4	1500	5.4	
* Nguyen Van Linh	South WDP	Trinh Quang Nghi	1000	15.6	1500	2.1	South WDP Outflow
					1200	6.4	South WDP Outflow
					600	2.5	
* Dong Tay highway	C.GiongOngTo	Thu Thiem	1000	14.9	1000	3.7	
* Au Co	NuocNgamTaBinh	TThiep-LDHanh	1000	4.8	No need to be installed		
No 40 road (Nguyen Van Qua)	TrChinh-P.ich	LDTho_HL40	600-500	5.3	1500	5.3	
To Ngoc Van	LDTho_HL40	X.A-ThNhat	400	2	1200	2	
Mains newly recommended by JICA							
Road	From	To			JICA Recommendation		Note
					Diameter (mm)	Length (km)	
Mai Chi Tho	CatLai	NTDinh_LDCua			1200	1.6	
Quoc lo 50	THDao-ChVliem	TuyLyVuong			1000	0.8	
Le Trong Tan , Nguyen Thi Tu	TThanh-TKTQu	HL80_N-T-Tu			1500	6.5	Tan Binh WDP Outflow
Nguyen Thai Son	NgTuBinhTrieu	Tan Son Nhat WDP			1200	5.5	Tan Son Nhat WDP Inflow
Nguyen Thai Son	Tan Son Nhat WDP	PVTri_LNQuyem			1500	4.9	Tan Son Nhat WDP Outflow
Kinh Duong Vuong	PhuLam	Phu Lam WDP			1000	0.5	Phu Lam WDP Inflow
Ba Hom	Phu Lam WDP	TL10_NC-Phu			1200	7.5	Phu Lam WDP Outflow
Ba Hom	TL10_NC-Phu	V-V-Van_TL10			800	2.3	Phu Lam WDP Outflow
Mains to be renewed							
Road	From	To	Existing mains		JICA Recommendation	Note	
			Diameter (mm)	Length (km)	Diameter (mm)		
Tran Hung Dao	NCTrinh_THDao	THDao-ChVliem	1050	3.8	1200		
Dien Bien Phu	C.SaiGon	DaKao	1500	3.6	2000		
Vo Thi Sau	DaKao	CTDanChu	1200-1050	3.5	2000		
3 Thang 2	CTDanChu	LDHanh-3/2	1050-750	5.5	1500		
Quang Trung	NTCauCong	NMNGoVap	500	2.5	600		

* : 系統境界（末端）の水圧改善により、整備不要・距離短縮となる。

- 配水施設整備計画

市域中心部以外の未開発地域については、開発の状況にあわせて整備することを提案し、本調査においては、WSMP における浄水施設拡張にあわせた市域中心部の給水改善を考慮して、5 か年ごとの配水施設整備計画を検討する。

WSMP における浄水施設拡張と想定需要の関係を図 2-5-6 に示す。

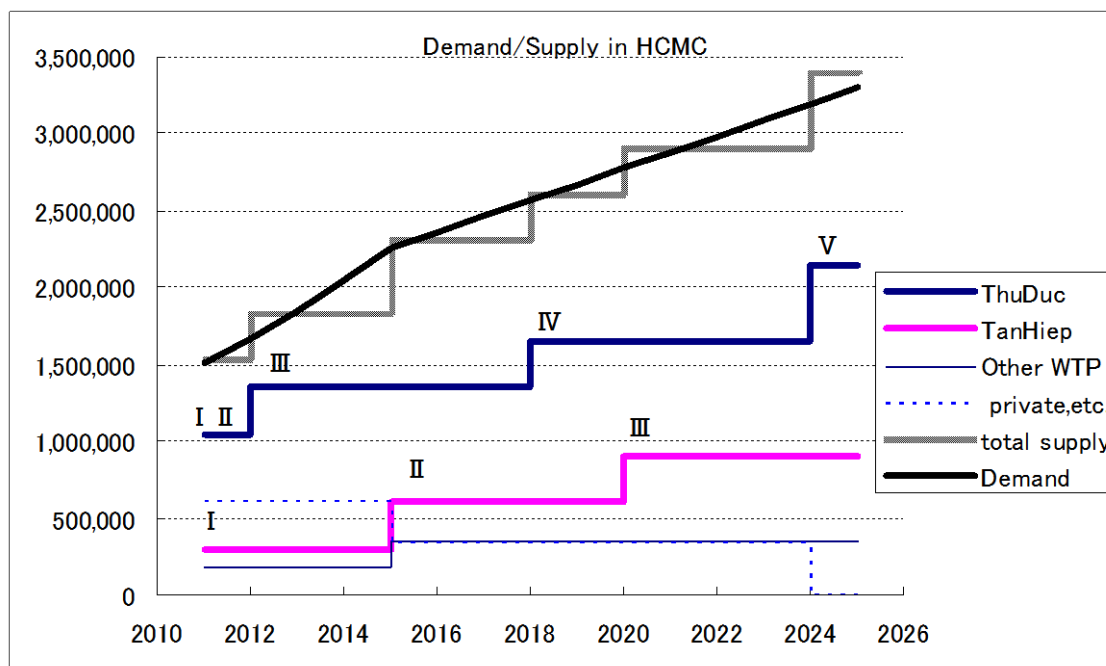


図 2-5-6 配水施設整備の概要

- Thu Duc 系統における整備

Thu Duc 浄水場系統では、ADB 支援による $\phi 2,400\text{mm}$ 基幹管路の布設工事が現在行われている。また、 $\phi 2,400\text{mm}$ 通水後は、既設基幹管路である $\phi 2,000\text{mm}$ の更生工事が予定されている。

また浄水場自体の拡張としては、WSMP において、Thu Duc III として $300,000\text{m}^3/\text{day}$ の拡張が 2012 年、Thu Duc IV として $300,000\text{m}^3/\text{day}$ の拡張が 2018 年、Thu Duc V として $500,000\text{m}^3/\text{day}$ の拡張が 2024 年にそれぞれ提案されている。

市域中心部においては、北側、南側の経年基幹管路の増口径が必要であり、既に飽和状態に近いと考えられる給水需要を考慮すれば、喫緊の整備項目であり、 $\phi 2,400\text{mm}$ の通水にあわせて改良を行っていくことでより大きな改善効果が期待できる。

こうしたことを勘案し、市域中心部への対策として、市域中心部北側の $\phi 1,500\text{mm}$ 経年管の $\phi 2,000\text{mm}$ 更新と、Tan Son Nhat 配水場の整備を優先して実施し、以後

D2,000mm の更生と市域中心部南側の φ1,050mm 経年管の φ1,500mm 更新、を行う。

Thu Duc V の完成に合わせて南部配水場を整備し、以後必要に応じて動植物園配水場を整備していく。

表 2-5-8 Thu Duc 系統浄水場拡張計画

	Capacity	Total	Planned
Thu Duc	750,000	750,000	
BOO Thu Duc (Thu Duc II)	300,000	1,050,000	
Binh An transmission	100,000	1,150,000	
Thu Duc III	300,000	1,450,000	2012
Thu Duc IV	300,000	1,750,000	2018
Thu Duc V	500,000	2,250,000	2024

● **Tan Hiep 系統における整備**

Tan Hiep 浄水場系統では、Kenh Dong プロジェクトとして、φ2,000mm 基幹管路の布設工事が完了し、通水を待つ状況である。今後、Kenh Dong 浄水場完成後には、Tan Hiep 浄水場内配水池に 15 万 m³/日の送水を受け、配水ポンプの増設により Tan Hiep 浄水場の配水能力が向上する予定である。

その後、Tan Hiep II として 300,000m³/day の拡張が 2015 年に、Tan Hiep III として 300,000m³/day の拡張が 2020 年に提案されている。

市郊外の未開発地域が中心となる Tan Hiep 系統については、開発に応じた給水需要の動向に合わせて、Tan Binh 配水場、さらに二次配水場となる Phu Lam Park 配水場の整備を行っていく。

表 2-5-9 Tan Hiep 系統浄水場拡張計画

	Capacity	Total	Planned
Tan Hiep	300,000	300,000	
Kenh Dong transmission	150,000	450,000	2015
Tan Hiep II	300,000	750,000	2015
Tan Hiep III	300,000	1,050,000	2020

図 2-5-7 に配水施設整備計画案を示す。

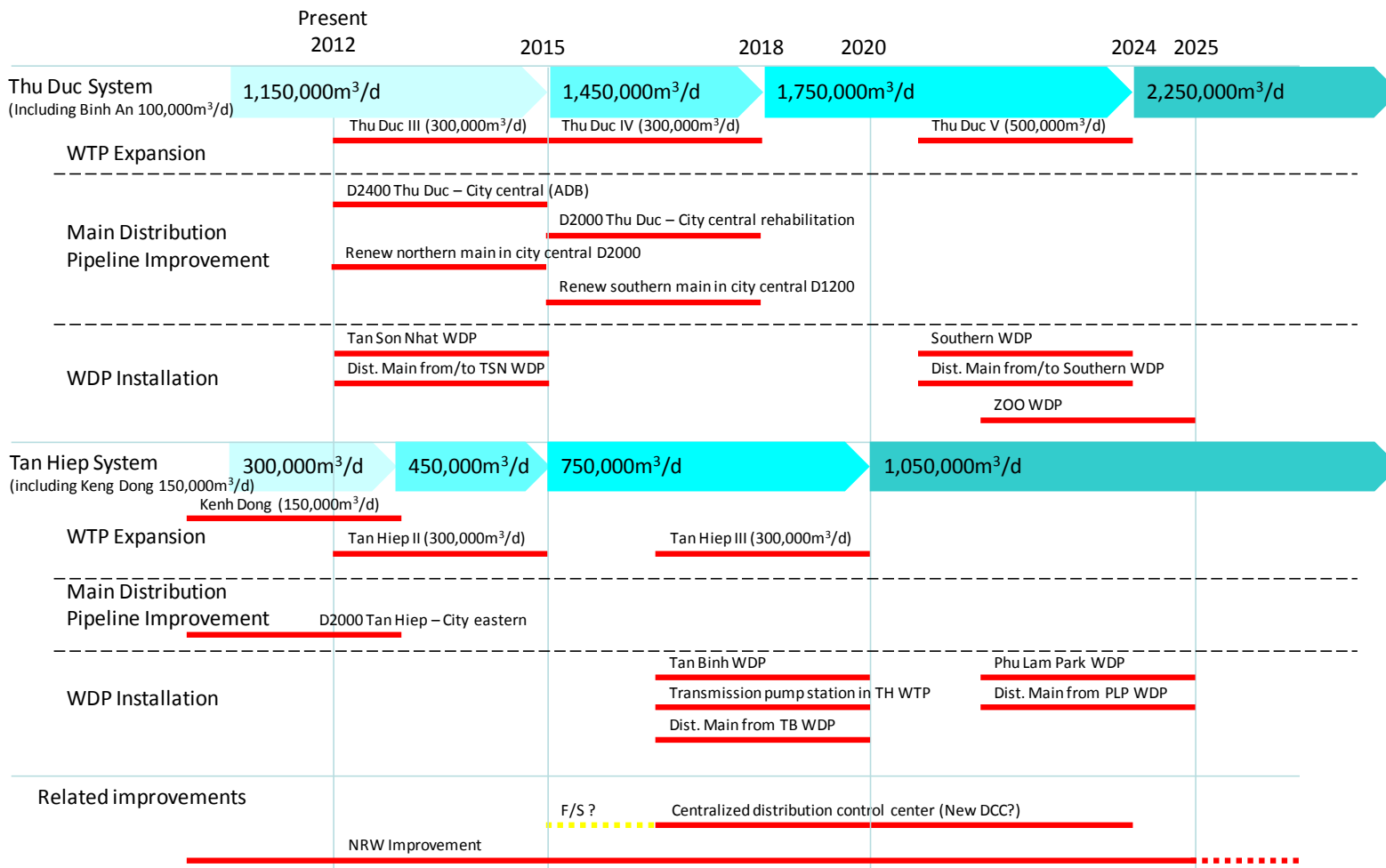


図 2-5-7 ロードマップ整備計画案

2-5-3 今後の配水施設整備に向けた提案

● 3級管・給水管の耐圧性能改善

大都市水道の主な役割としては、公衆衛生の確保のために安全な水を供給すること、消防水利を確保することが挙げられる。

具体的には、安全な水を供給するためには、配水ネットワーク中のコンタミネーションを防ぎ、配水末端においても残留塩素濃度を確保するため、配水ネットワーク中において有圧を確保することが必須である。

本調査においては、顧客メータにおける有効水頭を10m+G.L.以上、確実に確保することを前提条件として、基幹管路をモデル化した検討を行い、基幹管路における有効水頭25m+G.L.を確保するよう最適配水区域案を設定した。

一方で、WSMPでは、2025年におけるNRWを、給水需要の24%程度と仮定しており、約38%程度である現状を考慮すると、配水施設整備と並行してNRW改善を行っていくことが重要である。

一般に、給水の安全性を確保するために水圧を改善していくと、NRWは悪化する。特にホーチミン市においては、布設延長の長い3級管路については、管防護がなされていないなど、不平均力に対する異形管防護が考慮されていない事例が見受けられ、さらに給水管や宅内給水装置の耐圧性能も低いことが想定される。また、現在行われている漏水改善対策についても、水圧の低い状況下で漏水調査および修繕工事を行っているものであり、将来の昇圧に耐えられるものか十分な検証がなされていない。

こうした状況を踏まえて、以下の取組みを行うことを提案する。

- 漏水改善のための、段階的な昇圧
- 3級管、給水管耐圧性能改善のための材質改善、施工品質改善、技術指針の導入、人材育成
- 宅内給水装置にかかるルール・仕組みの制定（給水装置の漏水改善と、非公認直結増圧ポンプの排除）

● 将来の理想的な送水ネットワーク構築

理想的な配水システムでは、水道システムで想定される様々なリスクでも、水源水質事故による浄水場の取水停止や、基幹管路の漏水による長期断水といった、より大きなリスク事象においても配水を継続することが求められる。一般に、こうした事象の発生確率は低いものの、与える影響の大きいリスク事象に対応できる水道システムを構築する場合には、浄水予備力として、配水需要に対して高い施設能力を持ち、か

つ送水・配水ネットワークの管容量、ポンプ能力が需要を上回る必要があり、高コストとなる。

本調査において提案する最適配水区域設定案は、2025年の想定需要に対して、必要十分な配水を行うことができるものとして検討した。今後、さらなる水道システムのレベルアップを図っていくため、理想的な配水システムを構築していくためには、Thu Duc 浄水場や Tan Hiep 浄水場の施設能力の減少や、基幹管路の断水にも対応する、送水の相互融通が可能な送水ネットワークを整備していくことも視野に入れた整備も重要となると考えられる。参考として、図 2-5-8 に理想的な送水ネットワークの概念を示す。

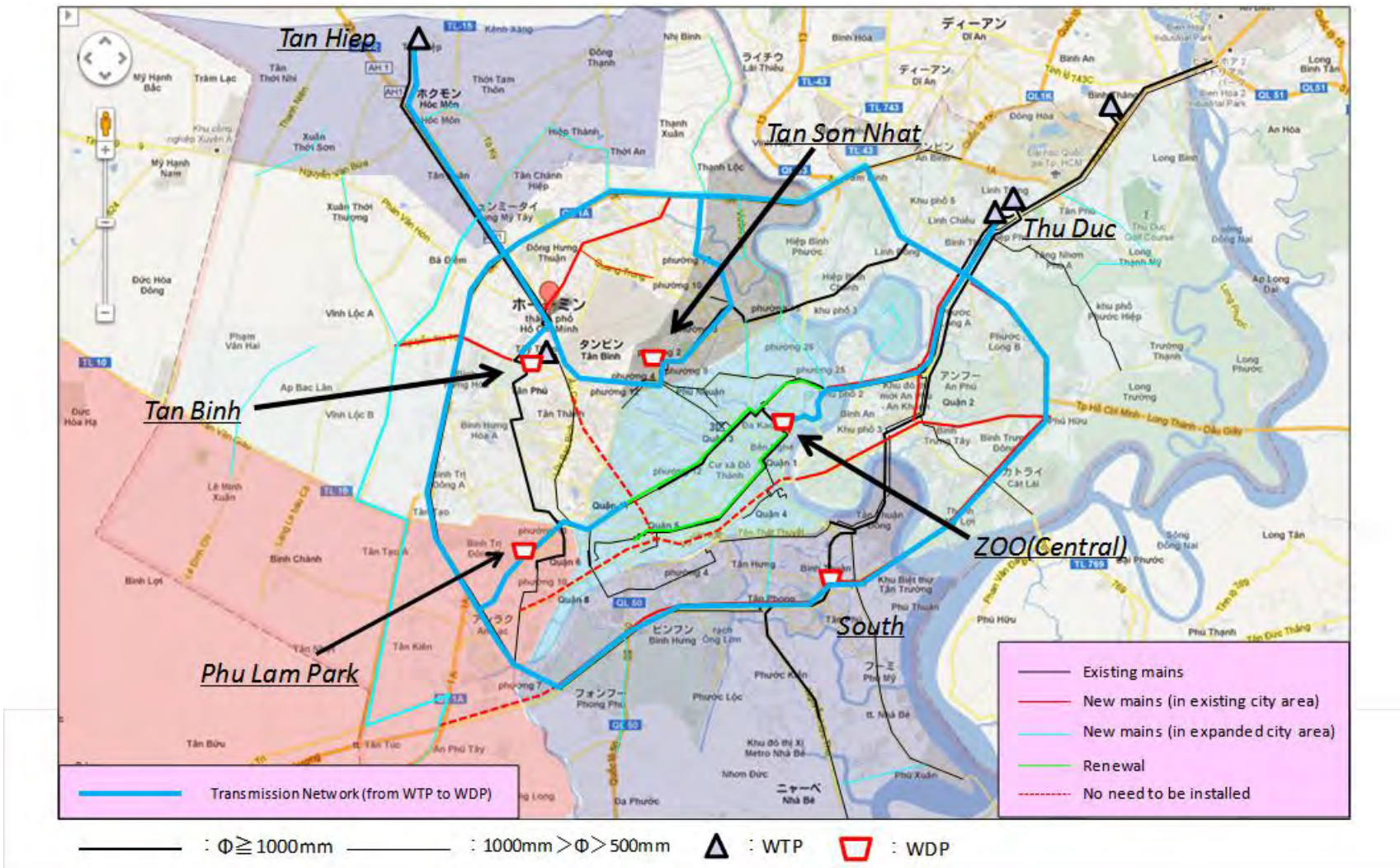


図 2-5-8 将来の理想的な送水ネットワーク

2-6. 漏水改善調査

2-6-1 配水施設整備計画における漏水改善の位置づけ

ホーチミン市の水道システムにおける各種課題に対し、前節までは長期的な視点に立った水道システムの改善という観点から、配水システムの再整備を重要なテーマと位置づけ、調査検討結果について記載してきた。

一方でカウンターパートである SAWACO は短期的な取組みとして、漏水改善プロジェクトを積極的に行っている。

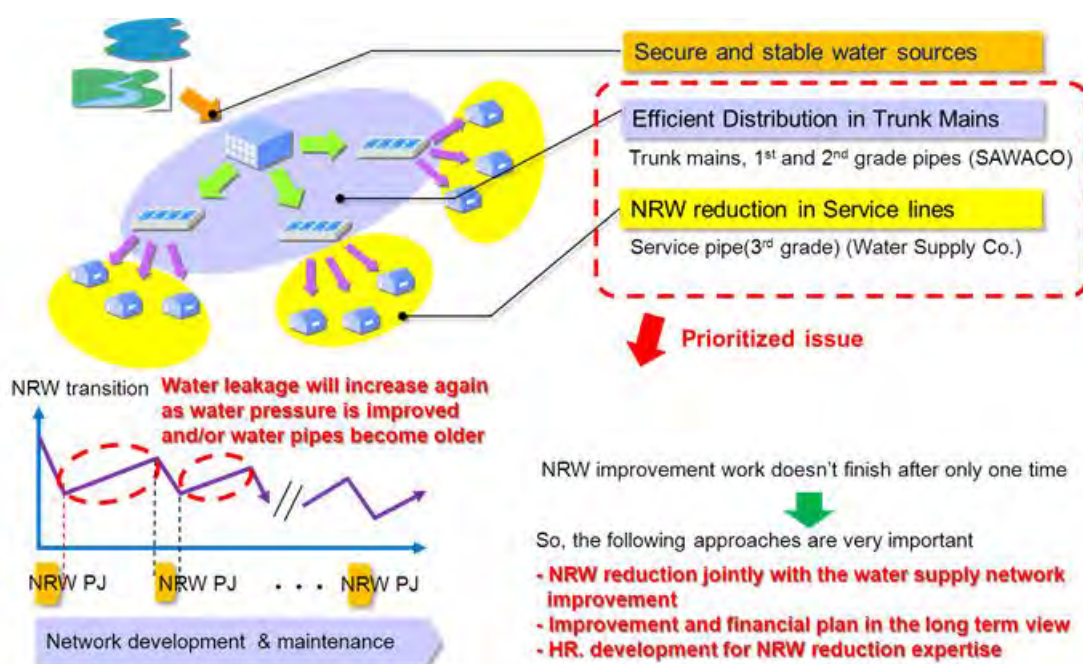


図 2-6-1. 配水システム整備と漏水改善の関係

本来はこれらの改善アプローチは別々になされるものではなく、上図の通り、漏水は経年とともに再発することから、技術的な側面からは、配水システムの再構築とセットで、長期的な取組みの一環として実施していくことが重要である。

また一方で、将来の配水システムの検討において、将来の事業化を想定した場合、「配水ブロックを構成した後のブロック内の水圧管理業務」とともに「配水ブロック内の漏水改善業務・配水管（3級管）・給水管（以下、給・配水管という）の維持管理業務」が重要な位置づけになると考えられる。すなわち給・配水管の維持管理を計画的に行うことにより、適正な水圧レベルを維持でき、これにより SAWACO にとって、一段高い付加価値の高いサービスを提供するとともに、漏水改善した水量分の収益向上へとつながり、これが事業化における収益の源泉となる。

またさらに、実施ステップを考慮した場合、配水システム全体の大幅な計画変更を伴う大規模な施設の建設、運営に向けた動きを進めながら、ビジネス案件化については、実際にすでに取り組まが行われており、すぐにプロジェクト効果の発現が期待できる漏水改善の分野から着手することが、プロジェクトの収益性を確保していく点からも有力な手法であると考えられる。

漏水改善検討における具体的な要素として、DMA（District Meter Area）の構築、漏水検知、並びに漏水修繕作業の3つが存在する。

この分野においては、現在、諸外国によるプロジェクト事例はあるものの、日本側が主体となって業務を計画、実施するためには、漏水改善を実施する際に必要となる、採算性検討のための情報（日本製の漏水検知器の適用性、現地作業者の能力、日本の作業方法による作業性、改善効果）について具体的な裏付けが不足している。

本漏水調査を実施する上で、上記に対応して具体的な数値として、その生産性、改善効果を精査することにより、配水施設整備計画の一つの領域である漏水改善事業について、具体的アプローチを示すことができるようになると思う。

以上のことから、「配水施設整備計画」の実施段階を見据え、配水システムの検討の一環として、漏水改善の調査を行った。

2-6-2 漏水改善調査の実施方針

本調査実施の目的は、以下の通りである。

- 漏水改善に係る DMA 設置の作業性、ならびに現地、管網事情に起因する課題調査
- 日本の技術を活用した、漏水検知の作業性の調査、並びに漏水原因の把握
- 漏水検知、修繕作業を通じた漏水改善効果の分析、並びに展開の考察

また作業実施におけるポイントは、以下の通りである。

- 配水システムの事業化展開検討と、本追加調査における漏水改善調査によるアプローチの位置づけの明確化
- 漏水改善における当初想定した作業性、並びに期待される改善効果を具体的に検証するものであること
- 調査結果については、事業化検討の基礎数値の精度向上に活用できること
- 調査全体を通じ、漏水改善における日本の技術力をカウンターパートへ理解させること

2-6-3 業務実施の方法

本追加調査における、対象地域、並びに業務の流れについて、以下記述する。

● 調査対象エリア

まずは本調査実施の対象エリアの基礎情報を示す。

ア) ChoLon 給水エリア

対象地域は、8 区の北東に位置する区域 11 丁目の一部に該当する区域となり、8 区自体は ChoLon 給水会社所管区域内の南西に位置する。基本的には 8 区全般を通して同様の水圧、管網状態であると認識される。



Item	Value
DMA Name	Q8-1101
Location	Ward 11, District 8
Length	4,829m
No of Household	921
NRW rate	38.09%

This area is suitable for JICA's survey, because the NRW rate is about 40% and this number means almost standard rate of all HCMC.

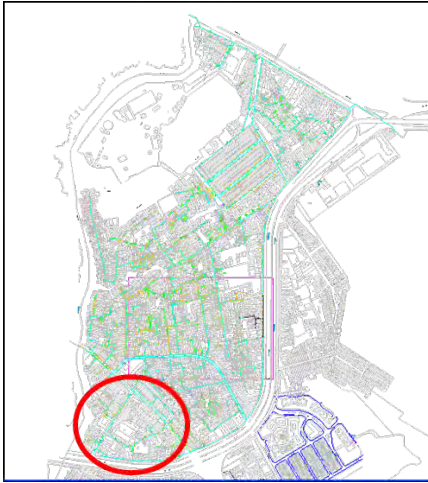
But water pressure is not so high, therefore the Team considered to conduct more investigation at the high pressure area.

図 2-6-2. 8 区 11 丁目の対象エリア (ChoLon 管轄)

イ) Gia Dinh 給水エリア

Gia Dinh 給水会社管轄領域は、浄水場に近いこともあり、水圧状況が比較的良好であり、また既設管網の経年劣化もあり、漏水率が比較的高く、漏水改善の余地がある地域であり、特徴のある 3 か所での漏水調査を検討した。

結果的には、調査期間の関係もあり、Block1、並びに Block2 において漏水調査の実施となった。



Item	Value
DMA Name	27
Length(m)	21,964m
No of Household	4846
Water volume(in service)	130,418m3/year
Water volume(inlet)	210,644m3/year
NRW rate	38.09

Item	Value
Location	Duong Phu My
Length(m)	200mm, 190m
Material	Ductile cast iron
No of Household	35
Water Pressure	10m

JICA team selected this area because of its NRW rate as a HCMC's standard.

図 2-6-3. GiaDinh 給水エリア (Block1)

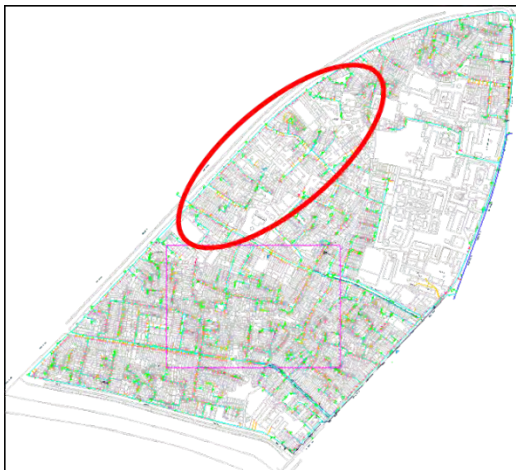


Item	Value
Location	Duong D2 vung 2
Size, Length	200mm, 726m
Material	Ductile cast iron
No of Household	64
Water Pressure	13m

The water pressure of this area is high but this area is very noisy because of the traffic.

So JICA team also selected this area as a sample of investigations how less the efficiency of detecting water leakage under the noisy conditions.

図 2-6-4. GiaDinh 給水エリア(Block2)



Item	Value
DMA Name	Phuong 17
Length(m)	18,808
No of Household	4,120
Water volume(in service)	141,190m3/year
Water volume(inlet)	446,366m3/year
NRW rate	68.37%

Item	Value
Location	Duong Nguyen Cuu Van
Size, Length	250mm, 424m
Material	Ductile cast iron
No of Household	60
Water Pressure	6m

Survey was not conducted because of the time limitation

図 2-6-5. Gia Dinh 給水エリア(Block3)

● 使用した資機材

本調査における、使用資機材、調達品目を以下に示す。

- DMA 設置用の積算流量計（電磁流量計）1 台
- DMA 設置流量計用のメンテナンス用バルブ 1 台
- DMA 設置に係る工事材料一式
- 音調漏水探知機 1 式、相関式漏水探知機 1 式

● 調査の流れ

調査は、JICA チーム、ならびにカウンターパートである SAWACO(ChoLon 給水会社、

Gia Dinh 給水会社)との協力により実施した。基本的には表 2-6-1 に示すとおり、漏水検知を JICA チームが行い、その修繕作業はカウンターパートにて実施する役割分担で行っている。

表 2-6-1. カウンターパートとの業務分担

Scope	Detail Work	SAWACO's request		JICA's Proposal	
		SAWACO	JICA	SAWACO	JICA
DMA	Engineering		○	○*1	△
	Procurement		○	○*2	○*2
	Construction	○	△	○*3	△
Leakage Detection	Preparation	-	-	○	○
	Management		○		○
	Procurement		○		○
	Investigation	○	△	△	○
Repair Works	Management		○		○
	Procurement	-	-	○*3	-
	Construction	○	-	○	-

○:Main work, △:Support work -:N/A

● DMA 構築

DMA 構築に関しては、本調査のスコープとして、DMA 区域の基本計画、実行計画の策定を行った。現地確認等の必要な工事計画、並びに資材手配業務、工事については、カウンターパートによる作業とした。なおカウンターパート側の作業については、DMA が確実に形成されているか、すなわち、流量計、バルブを設置した流入経路以外に流入経路がないかを確認するために、現地立会を行った。

ア) 工事概要

- 流量計室の築造、流量計の設置
- 制水弁の設置



図 2-6-7. DMA の設置確認

- 無収水率の測定（開始前）

漏水調査、並びに修繕効果を測定するに当たり、現状状態を記録するため、顧客の水道メータの全戸検針を行う。現在値として記録をおこなう。この業務は基本的に各住戸におけるメータ検針となるため、カウンターパートの業務とし、現状の漏水量の把握結果を情報として収集することとした。

この結果については、後段の改善後の漏水量把握の項で合わせて結果を示す。

- 漏水改善調査の流れとその内容

- ア) 作業計画

漏水調査実施地区に対し、配管図、地形図等を基に今回の調査工法に沿って、以下の要領で総合的な計画を立てる。

- 調査中の安全を図り、作業効率を考え進行に無理のない作業工程を組む。
- 必要機材、提出書類等の確認を行う。
- 調査実施にあたり必要図面、安全備品の準備を行う。

イ) 現場下見調査

- 配水管の埋設位置確認
- 栓・弁類の位置および機能点検
- 切り回し管、横横断、新設管など有無確認
- 調査地域の状況把握（給水人口密度、地目（住宅地、商業地区）、交通量、地形）
- その他の調査を円滑に進めるために必要となる事項（電気、ガス、電話）

ウ) 戸別音聴調査

- 調査目的
分水栓からメータまでの漏水の有無、または疑いのある音をチェックし路面音調調査、確認調査にて詳細な調査を行う。
- 調査方法
調査区域のメータや止水栓、仕切弁、消火栓等を音聴棒で聴音する。
- 使用機材
簡易音聴棒とその他の工具一式

エ) 路面音聴調査

この調査は、主に配水管系統について異常の有無を捉えるものであると同時に全調査を通じて主体となる作業である。ポリエチレン管やビニール管など漏水音の伝達が悪い管や交通量の多い場所（県道や国道）など、個別音聴調査では把握しきれない漏水音を効率よく発見するために行う。この調査は地中で発生する漏水音を表面（路面）を通じて捉えるため、下水の流水音や車両の走行音・電気音・モーター音その他の雑音など色々な音が地表を通じて一緒に伝わってくる難しさがあり、現場経験豊富な熟練した技術者で行う。

- 調査方法
配管図を携帯し、漏水調査器を使用して2人一組で配水管上の路面を50cm～1mの間隔で移動しながら漏水を検知する。この時検知された異常音を疑似漏水としてチェックし、発生地点を図面上に印して、後日漏水の有無及び詳細な位置の確認を行う。
2人一組でこの作業を行うのは、検知漏れを防ぐためと保安上の理由からであるが、道路幅の狭い所では1人ずつ行う場合もあり、道路幅が広くて給水管の横断があるところでは、本管上と給水管上に分けて行う場合もある。

なお、この調査は使用水の少なくなる時間帯に行う必要があることから、午後10:00～午前3:00までの時間帯に行った。

- 使用機材
漏水検知器、簡易音聴棒、その他の工具一式

オ) 確認検査

戸別音調調査で発見された疑似漏水箇所や路面音聴調査でチェックした異常音発生地点を再度調査して、漏水か否かを判断するとともに漏水に間違いがない場合は漏水の中心点を割出し、無駄堀を避ける目的で行う作業である。

- 調査方法
電動ドリル・ボーリングバー等を用い、路面に直径 20mm 程度の穴をあけ、音聴棒を漏水の中心点に近づけて地中の漏れや噴射音の質で判断する。
今回の調査では、地下埋設物の状況が不明のため、現地給水会社の指導によりボーリングの代わりに試掘を行った。

- 使用機材
音聴棒、埋設配管探知器、漏水検知器、相関式漏水発見器、調査車両、その他の工具一式

カ) ログ型多点相関調査

この調査は軌道横断部分、幹線道路など騒音の多い場所に埋設されている管路に対して、漏水の有無とその場所を特定する場合に行う。また、測定センサーが複数ある事により調査管路が長い場合でも、途中のバルブにセンサーを設置することで広範囲のデータを一度に見ることが可能である。

- 調査方法
相関器を使用する場合、調査の対象となる管路を挟んだ両端の弁栓類にそれぞれ、センサーを設置し、双方から漏水音の伝播速度を割出し、その誤差から漏水地点を算出する。
- 使用機材
多点相関器

調査結果として、以下の項目について確認、検討を行った。

● 調査結果の分析

- 漏水検知の作業性測定：一日当たりの作業量（メータ数、距離）
- 検知効率の測定：検知箇所数の評価（メータ、距離当たりの検知数）

● 修繕作業

漏水検知後の修繕作業については、カウンターパート側による実施とした。ただし、この修繕作業の結果として、以下の項目について把握するため、作業進捗、並びに実施内容について確認を行った。

- 漏水原因、並びに原因別の漏水件数の解析
- 再発防止案の検討

● 効果測定

調査の結果として、漏水改善にかかる実測値の測定、解析を行う。具体的には、以下の通りである。

- 修繕件数あたりの漏水改善量の測定
- 水圧と漏水量との関係の分析

2-6-4 現地調査結果

本調査は、大きく分けて、ChoLon、GiaDinh 地区の2つ（計3か所）にて実施したが、漏水検知～修繕まで一貫して実施したのは ChoLon 地区のみとなっている。

以下、現地調査の作業実績結果を示す。

表 2-6-2. 現地作業実績

Month	Day	Action	Object	Person	1st. week							2nd. Week							3rd. Week								
					Feb			Mar																			
					24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
					Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat		
1.research		meeting		ChoLon GiaDinh			○	○	○					○	○	○	○				○	○	○	○			
daytime		sounding (using acoustic bar) sewage water check	customer meters sewage manholes	JICA 2 ChoLon 2 Interpreter 1	Plan				①	②	③			④	⑤	△	△	△			△	△					
					Execution				①	②	③			④	⑤									G①			
		leak noise correlater	supply~distribution pipes	JICA 2 ChoLon 1	Plan											○			○	○	△	△					
					Execution																			G①			
midnight		sounding (using electronic leak detectors)	supply~distribution pipes	JICA 2 ChoLon 2 Interpreter 1	Plan					①				②	③	④	⑤			△	△	△					
					Execution							①	②				③	④	⑤					G①	G②		
		leak noise correlater	distribution pipes	JICA 2 ChoLon 1	Plan											○			○	○	△	△					
					Execution																						
2.repair work		confirmation about repair		ChoLon GiaDinh	Plan																						
					Execution																				○	○	○
																									G①	G②	G③
		leak point repair		ChoLon GiaDinh	Plan									○	○	○	○	○			○	○	○	○			
					Execution																				○	○	○
		re-check after repair		JICA	Plan																						
					Execution																				○	○	○
3.Check		mesuring flow data & water pressure data	flow meter pressure meter	ChoLon						○						○							○				

2-6-5 漏水調査の作業性、改善実績の検討

● 作業性

まず作業性についてであるが、そもそも漏水検知の作業性を、何で測るかということも、重要なポイントとなる。本調査では前述の通り、検知作業自体が、戸別音聴、路面音聴、並びに相関式の漏水探知など多岐にわたって来ることもあり、それぞれにおいて作業の特徴から、以下の要素で作業性を測ることとした。

- 戸別音聴・・・時間当たりの調査給水メータ数
- 路面音聴・・・時間当たりの調査配管延長（距離）
- 相関式の漏水探知・・・調査ポイント数

上記を踏まえて、以下各調査エリアにおける作業性の調査・分析結果を以下に示す。

表 2-6-3 漏水調査実績（Cho Lon）

Cho Lon											
Block	Household	Absence	Survey Time (Household)	Length(m)	Survey Time (Road)	Household/km	Km/h	Household/h	Leakage points (Household)	Leakage points (Road)	Duplicated
1	121	9	2.00	993	1.25	121.9	0.79	60.5	2 (1)	3 (1)	0 (0)
2	101	6	1.13	771	1.00	131.0	0.77	89.4	8 (2)	1 (1)	0 (0)
3	234	10	5.00	1,331	1.83	175.8	0.73	46.8	20 (11)	6 (5)	5 (5)
4	224	40	3.43	1,385	2.00	161.7	0.69	65.3	7 (4)	4 (4)	1 (1)
5	90	12	0.92	511	0.83	176.1	0.62	97.8	2 (1)	0 (0)	0 (0)
total	770	77	12.48	4,991	6.91	154.3	0.72	61.7	39 (19)	14 (11)	6 (6)

Cho Lon 地区における調査においては、調査管理単位、並びにエリアの特徴を踏まえて、上記の通り 5 ブロックに分けて実施を行った。

各調査における作業性分析の結果は、以下の通りとなる。（いずれも 2 チーム体制の結果）

- 戸別音聴（メータ/h、時間当りの給水メータ数）＝61.7（平均）、97.8（最大）、46.8（最小）
- 路面音聴（km/h、時間当りの調査距離）＝0.72（平均）、0.79（最大）、0.62（最小）
- 相関式（調査路線数）＝1 か所/1h

表 2-6-4. 漏水調査実績（Gia Dinh）

Gia Dinh											
Block	Household	Absence	Survey Time (Household)	Length(m)	Survey Time (Road)	Household/km	Km/h	Household/h	Leakage points (Household)	Leakage points (Road)	Duplicated
1	67	14	1.91	380	2.00	176.3	0.19	35.1	8 (6)	7 (7)	5 (5)
2				726	1.08		0.67		()	7 (4)	0 (0)
total	67	14	2	1,106	3.08	176.3	0.36	35.1	8 (6)	14 (11)	5 (5)

Gia Dinh 地区における調査においては、調査箇所ごとを 1 ブロックとして計 2 ブロックの調査を実施した。また調査ブロックごとに調査内容を以下のように限定をしている。

- ブロック 1：戸別音聴中心（路面音聴は、現地側作業と対比しながら実施）
- ブロック 2：路面音聴中心（戸別音聴は、実施せず）

各調査における作業性分析の結果は、以下の通りとなる。（いずれも 2 チーム体制の結果）

- 戸別音聴（メータ/h、時間当りの給水メータ数）=35.1
- 路面音聴（km/h、時間当りの調査距離）=0.67km

● 漏水発見件数

漏水調査作業に伴う、漏水発見件数は次のとおりである。

➤ ChoLon DMA：Q8-1101

調査期間の 2 週間で疑似音箇所数 47 箇所の内、漏水箇所数は 24 箇所であった。（図 2-6-2 参照）。なお参考までに、同 DMA において、ChoLon 側が実施した調査では、2 ヶ月間で発見した漏水箇所数は 15 ヶ所であった。

➤ GiaDinh

調査期間の 1 週間で疑似音箇所数 17 箇所の内、漏水箇所数は 12 箇所であった。（図 2-6-3 参照）。なお、GiaDinh 側では JICA チームの調査の約 1 ヶ月前に、ブロック 1 の漏水調査を実施し、発見した漏水箇所数は 5 ヶ所であった。

● 漏水発生要因の分析

鋳鉄管の漏水の多くは老朽化によるものが殆どで、PE 管に関しては施工時の無理曲げや埋戻しの碎石やガラなどが配管に当たってそれらが長期間ストレスを与えることが原因と考えられる。日本では見られないが、給水管が排水升の中に剥き出しで配管されネズミにかじられて漏水が発生したというものもあった。

以下、ChoLon の修繕箇所における漏水原因を分析した結果を示す。

Type of leak	Number
leak from flange	1
leak from flange tee	1
leak from joint	3
longitudinal crack	19

Total 24

これまでのヒアリングでは、Joint 部の漏水が多いとのことであったが、本調査では長手方向のクラックによる漏水が多いということが判明した。

● 漏水率の改善

本調査において、修繕まで実施した箇所は前述の通り、ChoLon 地区のみである。修繕作業の結果、本調査による漏水検知による漏水改善効果の結果は、以下の通り。

表 2-6-5. 漏水量の把握

Date	1st time		2nd time		3rd time		4th time(JICA Survey)	
	Sep.13	Oct.13	Oct.13	Nov.13	Nov.13	Dec.13	Mar.21	Apr.3
Inlet Flow(indication)	12,629	85,692	85,692	149,564	149,564	206,451	37,059	56,718
Inlet Flow(amount)	73,063		63,872		56,887		19,659	
Demand(amount)	35,160		33,088		35,700		13,966	
NRW(%)	51.88%		48.20%		37.24%		28.96%	

NRW 改善記録の第 1 回～3 回はいずれも、ChoLonJSC 自らの作業による結果である。一方で第 4 回の実績は今回の JICA 調査による改善実績となる。

結果から明らかに、JICA 調査による改善実績は、目覚ましいものがあると考えられる。理由としては、すでにこの地域にて 3 回の調査修繕実績を経ているためである。

ChoLon は、第 1 回～第 3 回の 2 ヶ月間で、15 ヶ所の漏水箇所を発見し修繕した結果、NRW(%)は 51.88%から 37.24%に改善したのに対して、JICA チームは第 4 回の 2 週間で 24 箇所の漏水箇所を発見し修繕した結果、NRW(%)を 28.96%まで改善しており、今回の JICA チームの優秀性を示している。

ただし、今回の JICA チームの漏水調査担当者は、ベテランで海外の漏水調査経験もあり、「調査範囲内で発生している漏水はほぼ発見できた (NRW(%)としては 10%程度の感覚)」との考えと、NRW(%)の実測値 28.96%との間には相当のギャップが存在する。

このギャップの要因としては、① 各戸メータや流量計の問題、② 留守宅の使用水量推定の問題、③ 盗水の可能性、④ 配水管漏水の可能性等が考えられるが、いずれにしても現地での原因調査による要因分析が必要である。

なお、ChoLon 自体すでに漏水改善経験を多く持ち、その実力は漏水率 20%程度を達成できるものであり、多くの場所での実績を残している。しかしながら、本調査地域においては、わずか 37.24%しか達成できなかったという結果であり、非常に難易度が高い地域と認識していた。

2-6-6 技術の差異 point

今回の調査を通じ、Cho Lon 給水会社、並びに Gia Dinh 給水会社と共に調査に当たったため、ディスカッションなどを通じ、現地の漏水改善技術との差異の分析、検証も同時に行うことができた。

その内容を以下に示す。

- 技術者の機器依存度の違い

ベトナムの場合、音の大小を見て判断する。自分の耳で聞いて判断するトレーニングをしていない。特に漏水音の多い低音に弱い。一方で、日本の場合、音聴棒で音の大小だけでなく、距離など微妙なニュアンスを聴き分ける。

- 作業のやり方

ベトナムの場合、ルーチンワークが主体。一方で、日本の場合、聞こえた音の状況に応じて、追加調査（試掘、再音聴）を行い判断する。

- 調査班と修繕班の連携

ベトナムの場合、掘削位置のみ明示・伝達し、掘削して漏水がなければ埋め戻す。日本の場合、微妙なニュアンスを伝え、調査担当と修繕担当間で相談して掘削位置範囲を決める。漏水が見つからない場合は立会いをして音聴し、修繕方向をアドバイスする。

- 作業の計画性

ベトナムの場合、漏水箇所が見つからなかった場合の対応等、先を考えて調査・修繕をしていない。一方で日本の場合、次の展開を考えて調査や修繕方法を考える。

2-6-7 収益性

今回の改善効果は、結果として漏水改善分が事業者への収益として還元されることになる。この構造について、まず以下に説明を行う。

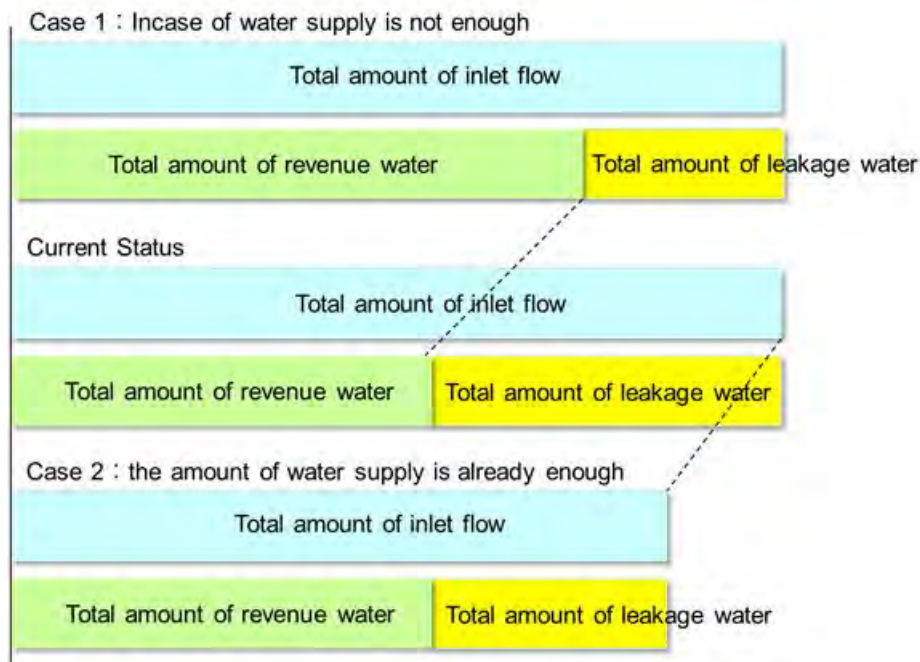


図 2-6-8. 漏水改善効果の概念

現状の漏水率を改善した場合のイメージは、上図の通り Case1 と Case2 の 2 通りの考え方が可能である。

この違いは漏水改善した結果として、使用量が増えるのか、供給量が減るのかという違いとなる。これは、給水会社の視点としては、使用量が増えるならば、改善効果（量）に水道単価を乗じて改善効果を金額表現ができるようになる。一方で、供給量が減る場合には、給水会社の視点であると、コストの低減という要素になると考える。

先の漏水率改善の表より、第 3 回、第 4 回の調査結果を基に、1 ヶ月換算の漏水改善量の算出を行うと、以下の通りとなる。

Date	1st time		2nd time		3rd time		4th time(JICA Survey)	
	Sep.13	Oct.13	Oct.13	Nov.13	Nov.13	Dec.13	Mar.21	Apr.3
Inlet Flow(indication)	12,629	85,692	85,692	149,564	149,564	206,451	37,059	56,718
Inlet Flow(amount)	73,063		63,872		56,887		19,659	
Demand(amount)	35,160		33,088		35,700		13,966	
NRW(%)	51.88%		48.20%		37.24%		28.96%	

- 4th 調査時の漏水量（月次換算） = $(19,659 - 13,966) \div 13 \text{ 日} \times 30 \text{ 日} = 13,137 \text{ m}^3/\text{month}$
- 4th 調査時の需要（月次換算） = $13,966 \div 13 \text{ 日} \times 30 \text{ 日} = 32,229 \text{ m}^3/\text{month}$
- 4th 調査時の供給量（月次換算） = $19,659 \div 13 \text{ 日} \times 30 \text{ 日} = 45,367 \text{ m}^3/\text{month}$
- 3rd 調査時の漏水率適用した供給量（月次換算） = $32,229 \div (1 - 0.3724) = 51,353 \text{ m}^3/\text{month}$

上記の結果として、改善効果を金額換算すると以下の通りとなる。

- 供給量削減分=51,353-45,367=5,986m³/month=71,832m³/year
- 仕入金額換算を行うと、71,832×2,500VND=179,590 千 VND=8,634USD
- 売上金額換算を行うと、71,832×8,000VND=574,656 千 VND=27,627USD

今回はすでに、給水会社が実施した後の地域であること、また配水管の調査修繕許可が出ていなかったこともあり、改善効果は8%程度となり上記の金額になっているが、すべて日本チームにて実施できる場合には、これよりさらに20%程度の改善効果が期待できることから、通常の漏水改善を行えるとすると、単純に仕入金額換算で約30,000USD、売上金額換算で約90,000USD程度の効果があると推察できる。

2-6-8 今後の展開の考察（配水システムとの関係）

今回の調査では、日本の技術を活用した漏水改善を実施し、それ自体が大きなセー
ルスポイントであることの確認できた。また各漏水検知手法について、その作業性の
把握、並びにベトナム国ホーチミン市における適用性についても確認ができたと考
える。

一方で漏水改善分野は、多くの競合相手がアプローチしている分野でもあり、単
純な漏水改善技術のみでは、他との差別化が図れないというのもまた然りである。

そこで以下、今後の日本チームによるアプローチ方法について記載する。

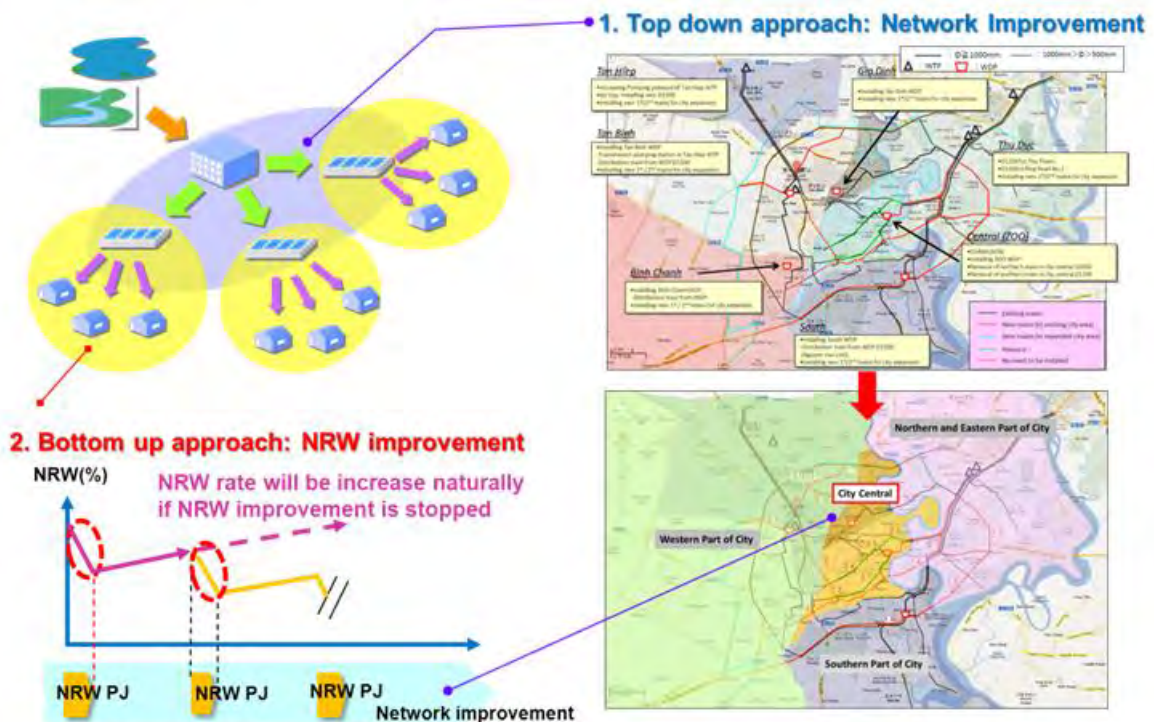


図 2-6-9. 漏水改善のアプローチ

漏水修繕は部分修繕をする限り、必ず復元（また漏水が別の箇所から発生する）を伴う。すなわち、漏水改善調査の実施修繕を行っても、数年後には必ず元の漏水率に戻ってしまうというものである。したがって配水管網の更新が理想となるが、この更新実施には時間と経費がかかるため、短期的には配水管網の修繕が必要となる。

上図はその概念になるが、差別化要素としては、将来配管網改善を行うと共に、漏水改善を継続して行っていくというものである。

すなわちこれらの短期的な修繕と長期的な配水管網の改善、更新を計画的に行っていくことが重要であり、この部分において、今回の本調査における、配水管網の検討と漏水改善調査をセットにして提案を行っていくことが、漏水改善における重要な取組みとなる。

今後の配水システムの事業化 FS 段階では、本調査結果を踏まえた漏水改善事業を含めた、事業化検討を進めていくことが、大きな差別化要素になることを、本調査を踏まえ、改めてカウンターパートと共有されたことになるが、実際の漏水改善調査自体において、日本チームの実力が大きく評価されたことは、今後の日本チームがホーチミンを含めた東南アジア諸国で展開していく上で、大きな実績となったといえる。

第3章 環境社会配慮

3-1. 環境社会配慮

3-1-1 環境社会配慮に係る基本理念

JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）に示されるように、開発調査の影響により発生し得る、環境や地域社会に対する許容範囲を超えた悪影響の発生を防ぐために、予定されるプロジェクト（事業）コンポーネント等により影響され得る環境社会配慮を予測し、評価する必要がある。

予定される事業により発生し得る影響の予測と評価は、以下に示す A、B または C カテゴリー評価に基づいて行われる（上記 JICA ガイドライン）。

- カテゴリーA： 環境や社会への重大で望ましくない影響のある可能性を持つようなプロジェクト
- カテゴリーB： 環境や社会への望ましくない影響が、カテゴリ A に比して小さいと考えられる協力事業
- カテゴリーC： 環境や社会への望ましくない影響が最小限かあるいはほとんどないと考えられる協力事業

3-2. 「ベ」国内関連法規

3-2-1 関連法規

検討・評価に関して、将来的に見込まれる手続きのため、住民移転を含む環境社会配慮に係る「ベ」国関連法規を以下にまとめた。

● ベ国の環境社会配慮関連法規の概要

ベトナムの環境影響評価（EIA）制度は環境保護法（Law on Environmental Protection : LEP）No.52/2005/QH11 および環境保護法実施ための政令（Decree No. 80/2006/ND-CP、No. 21/2008/ND-CP、No. 29/2011/ND-CP）において規定されている。

現行の環境保護法は国家主席令 No. 29/2005/L/CTN で公布され、2006年より効力を発しており、戦略的環境アセスメント、環境影響評価、環境保護公約に関する条項が規定されている。

更に環境保護法実施ための政令 Decree No. 80/2006/ND-CP、No. 21/2008/ND-CP、No. 29/2011/ND-CP は、環境保護法の実施細則や EIA 対象事業リスト、実施時期、EIA 報告書に盛り込むべき内容、審査・承認権限および手続き等が規定されている。この中で、規模 100,000m³ 以上の貯水池、規模 500m³/d 以上の生活排水の集中処理システム

建設に関する事業はEIA 報告書が必要となる。なお、浄水場建設に関しては、50,000m³/d以上の表流水使用が EIA 報告書作成条件に該当する。

EIA 実施時期として事業実施前の 24 カ月以内に EIA 報告書を作成しなければならないことが規定されており、以下に示す手続きに沿って EIA 報告書の審査・承認が行われる。

本事業に係る EIA 報告書の審査・承認機関は、自然資源環境省（MONRE）または自然資源環境局（DONRE）である。

EIA 報告書作成段階においては、当該地域の人民委員会や関連コミュニティーの代表を対象としたステークホルダー協議の開催が、政令 No. 29/2011/ND-CP によって定められている。

また、同政令は情報公開に関して、承認後の EIA 報告書は、当局によって事業実施主体および当該地域環境部局に送付され、担当省人民委員会は EIA 報告書のコピーを当該地域人民委員会に配布する旨を述べている。

環境社会配慮に関連する法規は表 3-2-1 に示すとおりである。

表 3-2-1. 環境社会配慮関連法規と基準

No.	Laws and standards
Laws and regulations	
1	LEP(No.52/2005/QH11)
2	Decree No. 80/2006/ND-CP
3	Decree No. 21/2008/ND-CP
4	Decree No. 05/2008/TT-BTNMT
5	Decree No. 69/2009/ND-CP
6	Decree No.29/2011/ND-CP
Environmental standards	
1	QCVN 05:2009/BTNMT
2	QCVN 06:2009/BTNMT
3	QCVN 19:2009/BTNMT
4	QCVN 20:2009/BTNMT
5	QCVN 21:2009/BTNMT
6	QCVN 22:2009/BTNMT
7	QCVN 23:2009/BTNMT
8	QCVN 34:2010/BTNMT
9	QCVN 40:2011/BTNMT-QCKTQG

No.	Laws and standards
10	QCVN 08:2008/BTNMT
11	QCVN 09:2008/BTNMT
12	QCVN 10:2008/BTNMT
13	QCVN 11:2008/BTNMT
14	QCVN 12:2008/BTNMT
15	QCVN 13:2008/BTNMT
16	QCVN 14:2008/BTNMT
17	QCVN 26:2010/BTNMT
18	TCVN 7222-2002

出典: JICA 調査団

● ベ国の EIA 手続き

本事業に関する EIA 報告書および審査・承認に関する手続きは下の図 3-2-1 に示すとおりである。

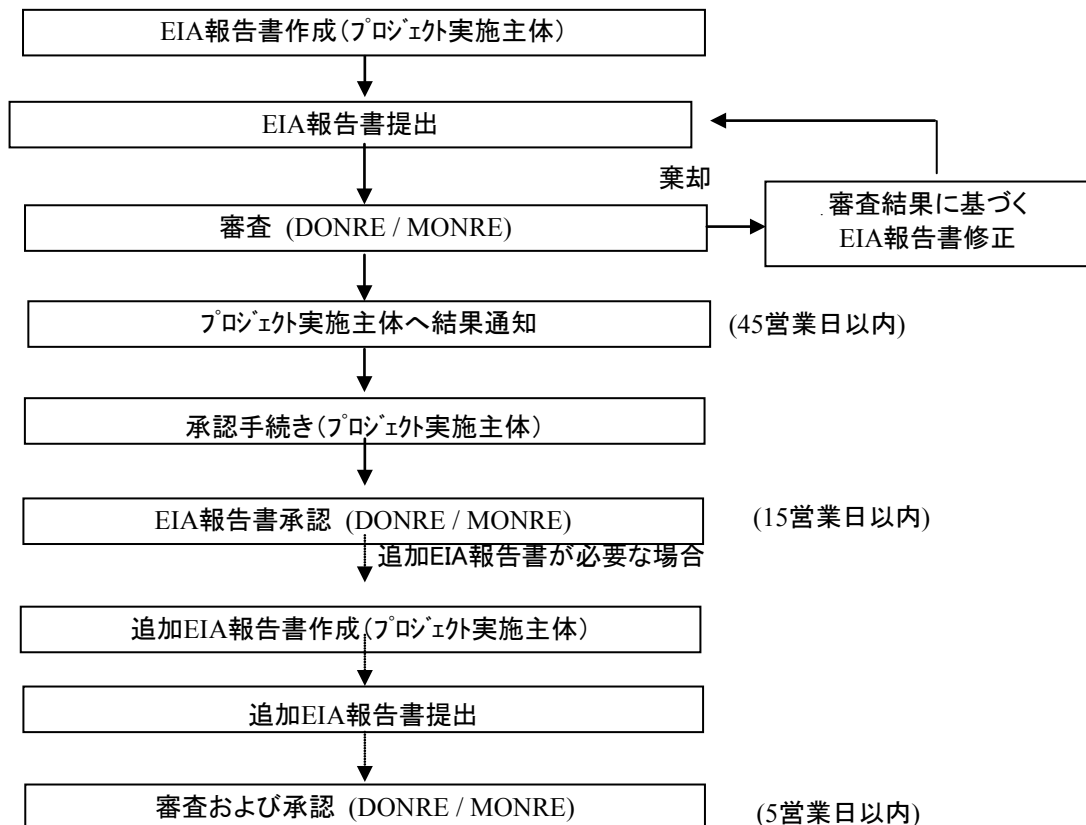


図 3-2-1. EIA 報告書および審査・承認に関する手続き

出典: JICA 調査団 (SAWACO との協議結果)

なお、EIA 報告書に盛り込むべき内容は下記のとおりである。

- 1) 事業の概要（背景、EIA の調査方法等）
- 2) 事業に関する詳細な説明（事業名、事業実施機関、事業の内容等）
- 3) 事業実施地と隣接地域の環境状態の包括的な評価結果（環境や社会状況）
- 4) 事業実施時に発生する可能性のある環境への影響を詳細に評価結果
- 5) 環境に対する悪影響を緩和する措置や、環境事故の防止、対処措置
- 6) 環境管理・モニタリング計画
- 7) 情報公開（事業実施地のコミュニケーションの人民委員会や住民代表等の意見）
- 8) 結論および提案
- 9) 評価の数値、データ等の出典等

● 用地取得と住民移転

以下に、用地取得と住民移転の手続きに関する Decree 69/2009/ND-CP, section 4 を示す。

表 3-2-2. 用地取得と住民移転の主な手続き

主な手続き	責任機関	備考
1 出資者（PMU）が project documents を PPC に提出。	PMU, PPC	
2 PC が land recovery notice を発行。	PPC or DPC	理由、面積、位置など。地域マスコミによる情報公開。
3 PPC が PMU に調査・測定の許可。	PPC	CPC が PMU と調査・測定のため協働する。
4 DPC が CSR Council を発足。	DPC or LFDC	
5 PMU が CSR のマスタープランを作成。	PMU	No.197/2004/ND-CP および No.17/2006/DN-CP に準拠。
6 PPC が CSR のマスタープランを承認。	PPC	
7 CSR Council または LFDC が CSR Plan を作成。	CSR Council or LFDC	1) 土地使用者の住所氏名, 2) 面積, 種別, 位置, 失われる資産, 3) 土地/住宅価格, 世帯数, 4) 補償と援助規模, 5) 住民移転準備
8 CSR Plan に関する意見収集	CPC	移転先等に関して 20 日以上 CPC office にて掲示する。
9 PMU が CSR Plan を完了し、DONRE に提出。	PMU, DONRE	

10	DONRE が CSR Plan を評価し、land recovery documents を作成し、PPC に提出。	DONRE, PPC	
11	PPC land recovery decision を発行。	PPC	
12	補償支払いと移転準備	CSR Council or LFDC	
13	土地使用者が土地を CSR Council または LFDC に引き渡す。	土地使用者	補償受け取りから 20 日以内。

出典: Decree 69/2009/ND-CP, Section 4

注記: PC-People's Committee, PPC-Provincial PC, DPC-District PC, CPC-Commune PC, CSR-Compensation, Support and Resettlement, LFDC-Land Fund Development Center

3-3. 予定事業内容

3-3-1 事業内容

本調査において見込まれる事業内容は以下の通りである。各施設の選定代替案検討および技術詳細は、前項に記述されている。

- 原水候補地の取水施設建設

Dong Nai 省の Tri An 湖岸と、Binh Duong 省および Thay Ninh 省の Dau Tien 湖に適切な種類の原水取水施設が、安全で効率的な湖水の取水を目的として建設される計画である。

- 導水路および中継ポンプ場を含む原水導水施設建設

導水路および中継ポンプ場は、原水導水のため Tri An 湖から既存の浄水場 (Thu Duc WTP) までの間、および Dau Tien 湖から既存の浄水場(Tan Hiep WTP) までの間の最適な位置に建設される計画である。

- 都市部の配水池建設

ホーチミン市の適切な配水システム構築のため、配水ネットワーク内の最適計画地点に配水池の設置が計画されている。

3-3-2 各施設の代替案

前項における技術的評価に基づいて、取水施設、導水施設、および配水池施設に関し、次に挙げる代替案が計画された。

- 取水施設

- ア) Tri An 湖

Tri An 湖の取水施設に関して、次の2代替案が水深・水量、用地面積、施工性などを考慮して選定された。

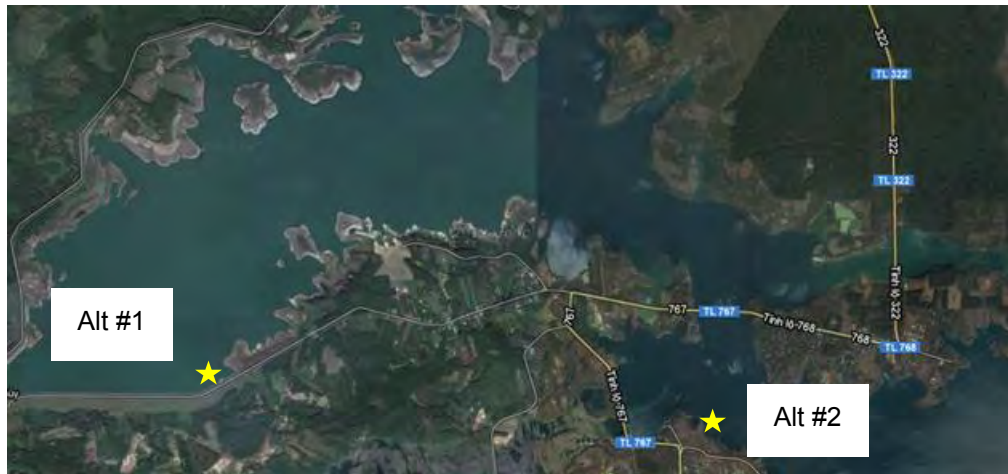


図 3-3-1. Tri An 湖取水代替地点

- イ) Dau Tien 湖

Dau Tien 湖の取水施設に関して、次の2代替案が水深・水量、用地面積、施工性などを考慮して選定された。



図 3-3-2. Dau Tien 湖取水代替地点

● 原水導水施設

ア) Tri An 湖ルート

➤ 導水路

Tri An 湖から既存の浄水場 (Thu Duc WTP) まで原水を導水するため、6種の代替ルートが距離、既存道路や運河沿いの使用、既存パイプの使用、省エネルギー、施工性とメンテナンスなどを可能な限り考慮して選定された。

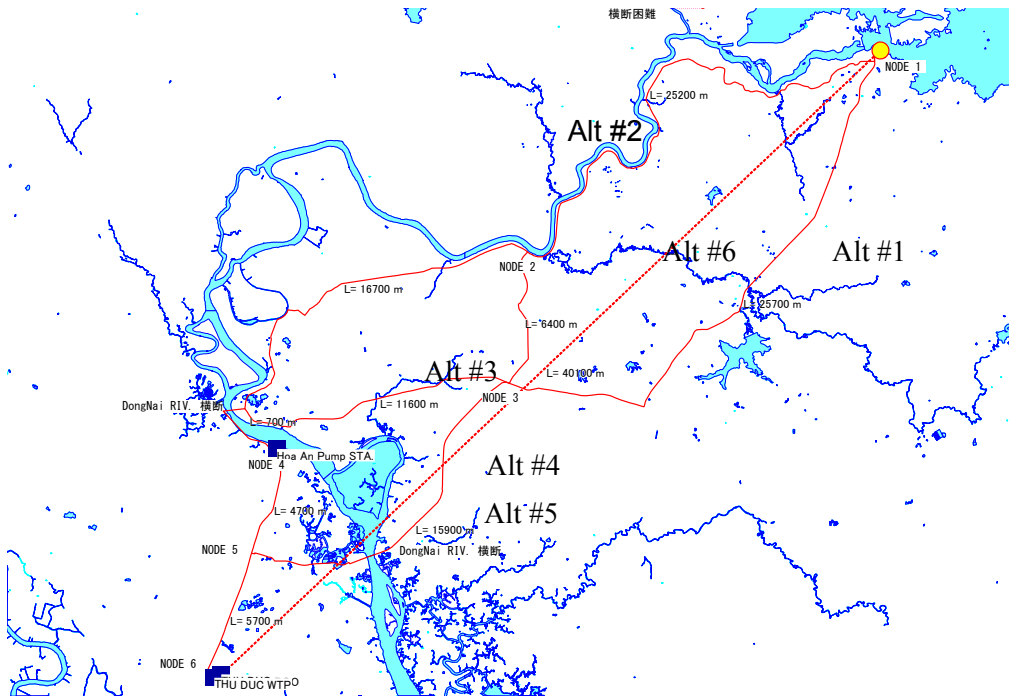
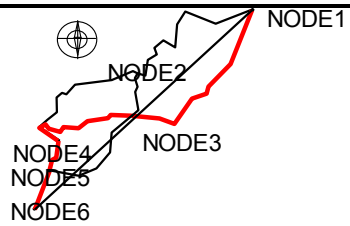
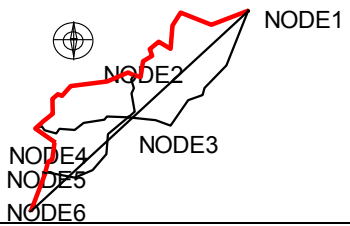


図 3-3-3. ルート全体概要 (Tri Anh)

代替案	概説	距離
既存湖からの ルート使用 Alt #1 ルート	交点 1~3~4~5~6 Bien Hoa PS 経由 	52.0km
既存湖からの ルート使用 Alt #2 ルート	交点 1~2~4~5~6 Bien Hoa PS 迂回案 	55.6km

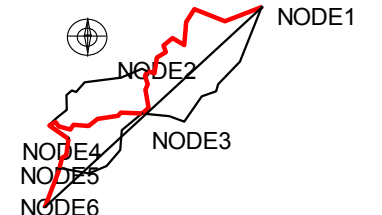
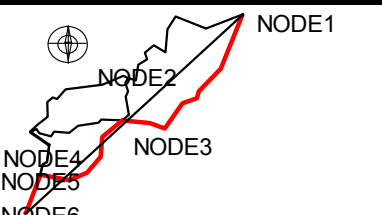
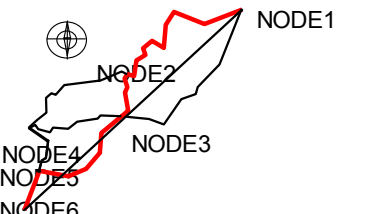
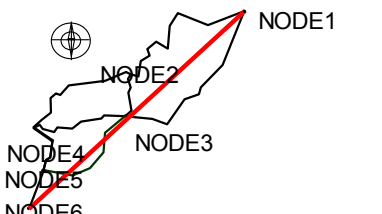
既存湖からの ルート使用 Alt #3 ルート	交点 1~2~3~4~5~6 Bien Hoa PS 経由 	57.6km
既設 PS を経由 しない場合 Alt #4 ルート	交点 1~3~5~6 	47.0km
既設 PS を経由 しない場合 Alt #5 ルート	交点 1~2~3~5~6 	52.6km
トンネルによ る直接導水 Alt #6 ルート	交点 1~6 	39.8km

図 3-3-4. 各ルート概要

▶ 中継ポンプ場

Tri An 湖からの原水導水施設の水力計算を含めた概念設計に基づき、次に挙げるポンプ場が Thu Duc WTP までの円滑な導水に必要なとなる。中継ポンプ場に必要用地は約 2,500 m²と予想される。

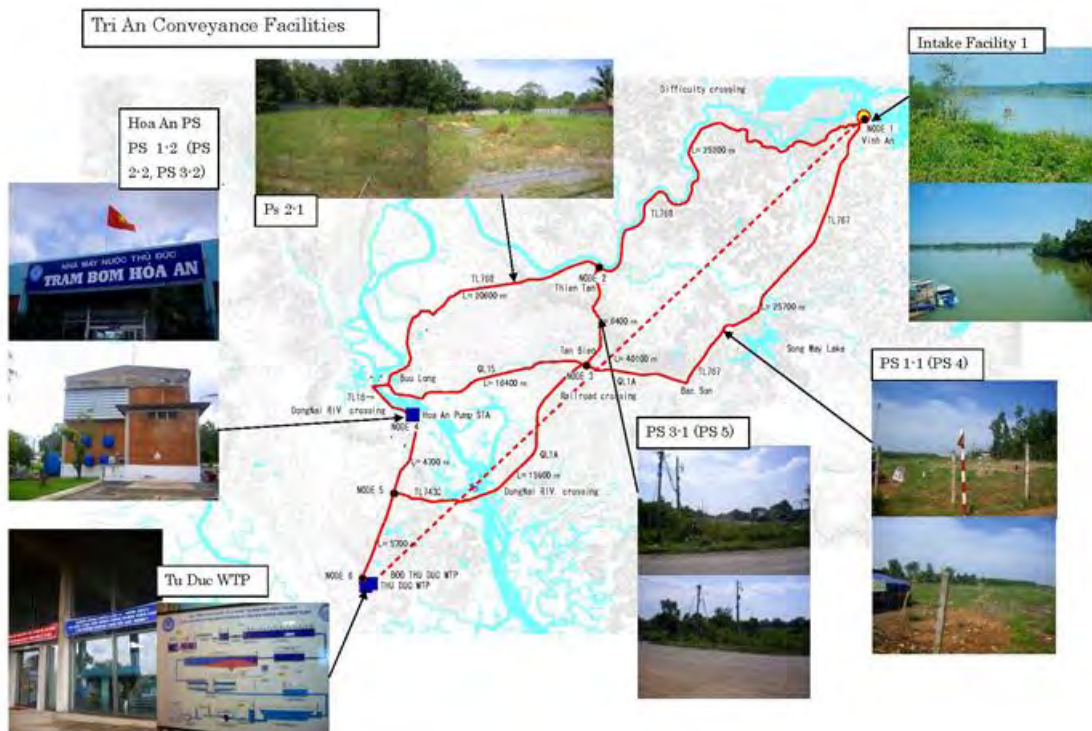


図 3-3-5. 各ルートの特徴 (Tri Anh)

Alt #1 ルート

- PS #1-1 : 交点 1 と 3 の間の取水点から約 18km
- PS #1-2 : 既存の Hoa An PS.

Alt #2 ルート

- PS #2-1 : 交点 2 と 4 の間の取水点から約 29.5 km
- PS #2-2 : 既存の Hoa An PS.

Alt #3 ルート

- PS #3-1 : 交点 2 と 3 の間の取水点から約 27.5 km
- PS #3-2 : 既存の Hoa An PS.

Alt #4 ルート

- PS #4 : 交点 1 と 3 の間の取水点から約 18 km (PS #1-1 と同じ).

Alt #5 ルート

- PS #5 : 交点 2 と 3 の間の取水点から約 28km (PS #3-1 と同じ).

Alt #6 ルート

- 中継ポンプは必要ない。

イ) Dau Tien 湖ルート

▶ 導水路

Dau Tien 湖から既存の浄水場 (Tan Hiep WTP) まで原水を導水するため、4 種の代替ルートが距離、既存道路や運河沿いの使用、既存パイプの使用、省エネルギー、施工性とメンテナンスなどを可能な限り考慮して選定された。

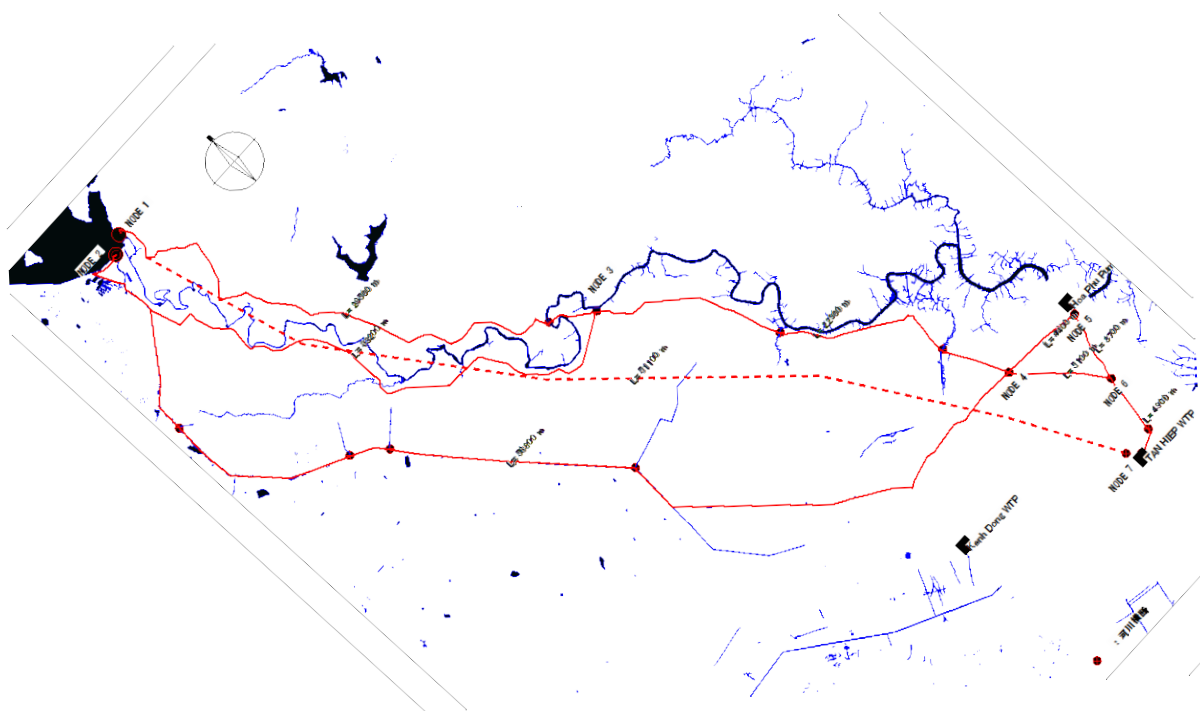


図 3-3-6. ルート全体概要 (Dau Tieng)


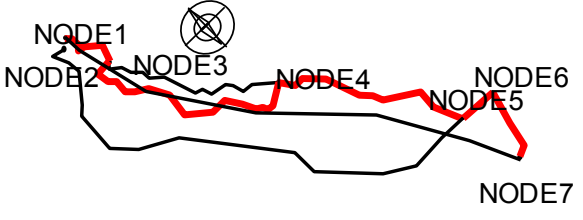
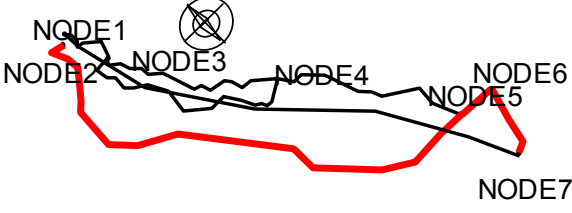
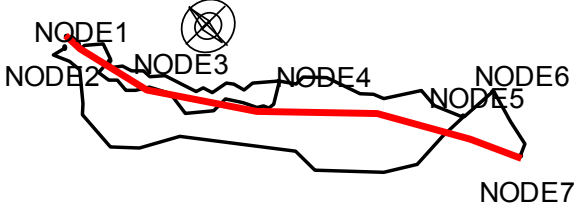
代替案	概説	距離
3 から右岸 Alt #1 ルート	交点 1~3~4~5~6~7 	64.5km
3 から左岸 Alt #2 ルート	交点 1~3~4~5~6~7 	70.4km
Kenh Dong 運 河 ルート Alt #3 ルート	交点 2~5~6~7 (Kenh Dong 運河沿い) 	72.4km
トンネルルー ト Alt #4 ルート	1~7 	54.3km

図 3-3-7. 各ルート概要 (Dau Tieng)

➤ 中継ポンプ場

Dau Tien 湖からの原水導水施設の水利計算を含めた概念設計に基づき、次に挙げるポンプ場が Tan Hien WTP までの円滑な導水に必要となる。中継ポンプ場に必要用地は約 1,000 m² と予想されている。

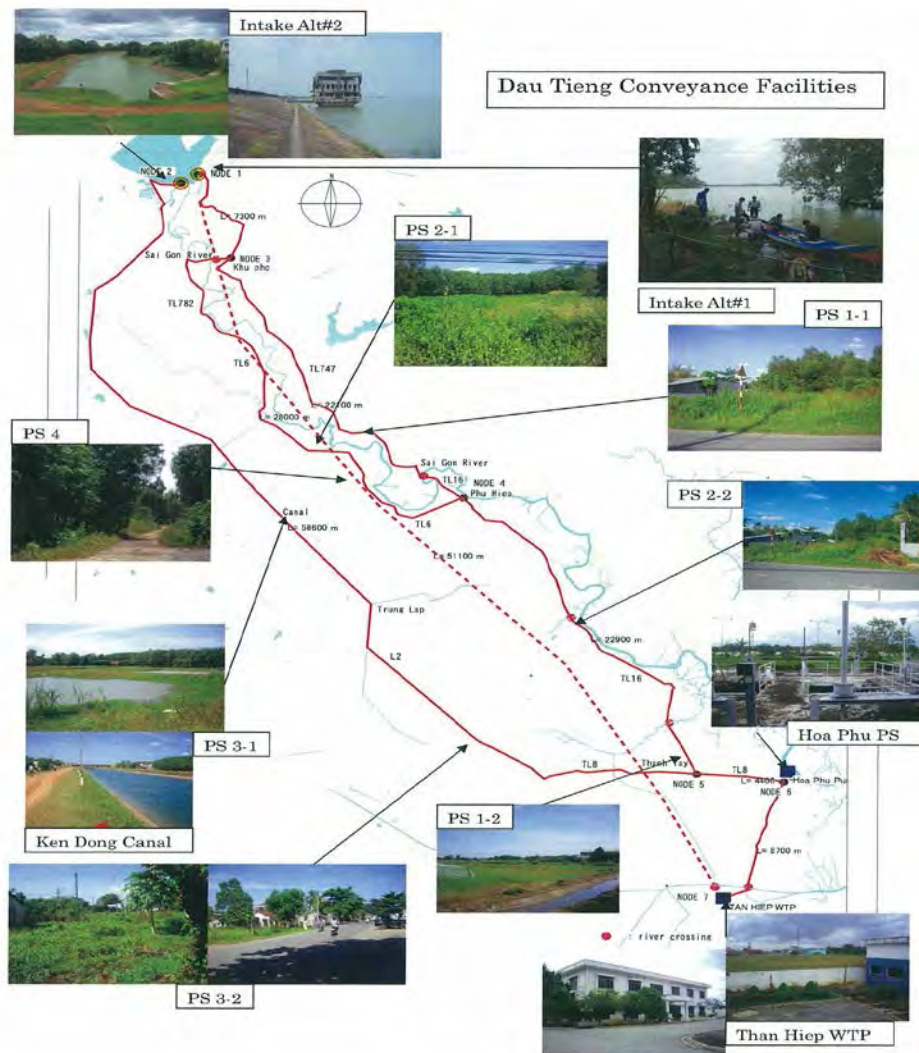


図 3-3-8. 各ルートの特徴 (Dau Tieng)

Alt #1 ルート

- PS #1-1 : 交点 3 と 4 の間の取水点から約 22.5km (北ルート)
- PS #1-2 : 交点 5 付近の間の取水点から約 52km

Alt #2 ルート

- PS #2-1 : 交点 3 と 4 の間の取水点から約 21.5km (南ルート)
- PS #2-2 : 交点 4 と 5 の間の取水点から約 46.5km

Alt #3 ルート

- PS #3-1 : 交点 2 と 5 の間の取水点から約 22.5km
- PS #3-2 : 交点 2 と 5 の間の取水点から約 49.5km

Alt #4 ルート

- PS #4 : 交点 1 または 2 と 7 の間の取水点から約 22.5km

- 都市部の配水池

ホーチミン市の適切な配水システムのため、様々な比較と代替案検討を行い、予定配水池位置が以下に示すように選定された。



図 3-3-9. 配水候補地の概要

ア) Thu Duc 配水系

- 計画 1 – Saigon 動物園および植物園

容量 96,000 m³ を予定する配水池をホーチミン市の Nguyen Binh Khiem street の Saigon 動物園および植物園に設置する案である。配水池、ポンプ場およびその他必要となる施設に係る用地面積は、約 22,000 m² (W130 m x L170 m)である。なお、配水池は容量 96,000 m³ に対し、有効水深を 5m としている。

- 計画 2 – Gia Ding 公園

代替案として、ホーチミン市 Go Vap 地区の Gia Ding 公園に容量 18,000 m³ の配水池を建設する案が提案された。配水池、ポンプ場およびその他必要となる施設に係る土地専有面積は、約 4,500 m² (W?? x L?? m)で、有効水深は 6m とした。

- 計画 3 – Phu Lam 公園

その他の案として、ホーチミン市 Phuon 13, Kinh Duong Vuong の Phu Lam 公園が

挙げられる。配水池、ポンプ場およびその他必要となる施設に係る土地専有面積は、約 7,000 m² (W?? x L??)で、配水池容量は 32,000 m³、有効水深は 6m とした。

イ) Tan Hiep 配水系

Tan Hiep 配水系に関して、Tan Binh 浄水場内に配水池を一つ設置する案が挙げられる。専有面積は、約 7,500 m² (W?? x L??)で、配水池容量は 35,000 m³、有効水深は 6m とした。

3-4. 初期環境調査 (IEE) レベル調査および環境チェックリスト

3-4-1 IEE レベル調査における影響度予測と評価

当該プロジェクトの TOR に示されるとおり、本調査で予測される対象事業は JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010 年 4 月) に基づくカテゴリー“C”の適用とされている。本調査は、予測される対象事業に対し、最新の詳細情報とともに IEE レベル調査を行い、カテゴリーの確認を行うことである。IEE レベル調査は、「既存データなど比較的容易に入手可能な情報、必要に応じた簡易な現地調査に基づき、代替案、環境影響の予測・評価、緩和策、モニタリング計画の検討等を実施するレベルの調査」と定義される。これらに基づき、代替案検討のため情報・ドキュメントの収集・解析および現地視察を行い、自然及び社会環境に負の影響を与えうる諸項目に関して、それぞれの影響度を”A レベル (重大な影響)”から”D レベル (影響無)”で評価・検討した。それらの結果を以下に示す。

● 取水施設

Tri An 湖および Dau Tien 湖における建設の可能性のある取水施設に関して、それぞれの代替案に関してスコーピングと検討結果を以下のチェックリストにまとめた。

ア) Tri An 湖取水施設

No	環境項目	影響度予測と評価 (Alt #1)	影響度予測と評価 (Alt #2)
社会環境			
1	住民移転	D 発生しない。	D 発生しない。
2	暮らし、生計	C 周辺の住民に与える影響は僅少であるが、湖に関しては詳細調査が必要である。	C 周辺の住民に与える影響は僅少であるが、湖に関しては詳細調査が必要である。
3	文化遺産	D 存在しない。	D 存在しない。
4	景観	C 湖、施設等の景観に関して環境に沿うよう配慮が必要。	C 湖、施設等の景観に関して環境に沿うよう配慮が必要。
5	少数民族、先住民	D 存在しない。	D 存在しない。
6	労働環境	C 関連法規に基づき、適正な対応を行う。	C 関連法規に基づき、適正な対応を行う。
自然環境			
7	保護区	D 存在しない。	D 存在しない。

8	生態系	C	悪影響は予測されないが、詳細調査が必要である。	C	悪影響は予測されないが、詳細調査が必要である。
9	水文	B	取水地点が水力発電ダムの上流であるため、乾季には水量不足による発電への影響が考えられる。	B	取水地点が水力発電ダムの上流であるため、乾季には水量不足による発電への影響が考えられる。
汚染対策					
10	大気質	D	現段階では塩素使用の計画は無い。	D	現段階では塩素使用の計画は無い。
11	水質	D	汚染は予測されない。	D	汚染は予測されない。
12	廃棄物	C	スクリーンされたゴミ等は適切に処分される。	C	スクリーンされたゴミ等は適切に処分される。
13	騒音、振動	C	ポンプ場が必要な際は、騒音・振動の最小化を考慮した設計とする。	C	ポンプ場が必要な際は、騒音・振動の最小化を考慮した設計とする。
14	地盤沈下	D	地盤沈下は予測されない。	D	地盤沈下は予測されない。
その他					
15	工事中的の影響	C	工事中的の作業スペースが広くなく、悪影響を最小化するため、適切な計画と手法を採用する。	D	工事中的の悪影響を最小化するため、適切な計画と手法を採用する。作業スペースは広く、問題は少ない。
16	許認可等	C	計画実現の際、関連の公式文書やEIA報告書が必要となり、また法規に従い諸許可の取得が必要である。	C	計画実現の際、関連の公式文書やEIA報告書が必要となり、また法規に従い諸許可の取得が必要である。

イ) Dau Tien 湖取水施設

No	環境項目		影響度予測と評価 (Alt #1)		影響度予測と評価 (Alt #2)
社会環境					
1	住民移転	C	取水関連施設は、住民移転を発生しない配置とする。	D	発生しない。
2	暮らし、生計	C	周辺の住民に与える影響は僅少であるが、湖に関しては詳細調査が必要である。	C	周辺の住民に与える影響は僅少であるが、湖に関しては詳細調査が必要である。
3	文化遺産	D	存在しない。	D	存在しない。
4	景観	C	湖、施設等の景観に関して環境に沿うよう配慮が必要。	C	湖、施設等の景観に関して環境に沿うよう配慮が必要。
5	少数民族、先住民	D	存在しない。	D	存在しない。
6	労働環境	C	関連法規に基づき、適正な対応を行う。	C	関連法規に基づき、適正な対応を行う。
自然環境					
7	保護区	D	存在しない。	D	存在しない。
8	生態系	C	悪影響は予測されないが、詳細調査が必要である。	C	悪影響は予測されないが、詳細調査が必要である。
9	水文	C	大量取水を行うため、取水地点より下流では乾季には影響する可能性が考えられる。	C	大量取水を行うため、取水地点より下流では乾季には影響する可能性が考えられる。
汚染対策					
10	大気質	D	現段階では塩素使用の計画は無い。	D	現段階では塩素使用の計画は無い。
11	水質	D	汚染は予測されない。	D	汚染は予測されない。
12	廃棄物	C	スクリーンされたゴミ等は適切に処分される。	C	スクリーンされたゴミ等は適切に処分される。

13	騒音、振動	C	ポンプ場が必要な際は、騒音・振動の最小化を考慮した設計とする。	C	ポンプ場が必要な際は、騒音・振動の最小化を考慮した設計とする。
14	地盤沈下	D	地盤沈下は予測されない。	D	地盤沈下は予測されない。
その他					
15	工事中的影響	C	工事中的悪影響を最小化するため、適切な計画と手法を採用する。作業スペースは広く、問題は少ない。	B	工事中的作業スペースやアクセスロードが広くなく、悪影響を最小化するため、適切な計画と手法を採用する。
16	許認可等	C	計画実現の際、関連の公式文書やEIA報告書が必要となり、また法規に従い諸許可の取得が必要である。	C	計画実現の際、関連の公式文書やEIA報告書が必要となり、また法規に従い諸許可の取得が必要である。

● 原水導水施設

原水の導水施設は導水管、中継ポンプ場および関連施設からなる。両施設に関して環境・社会配慮に関する検討を行い、各々の結果を下のように示した。

ア) 原水導水管

実質的かつ効果的に評価を行うために、導水管の検討は主要な交点(Node)を起点として複数の代替ルートに関して行った。以下の表に結果を示す。

➤ Tri An 湖から Thu Duc WTP への導水路

No	環境項目	影響度予測と評価 (Node間)			
社会環境					
1	住民移転	C	1-2	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。	
		C	1-3	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。	
		C	2-3	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。	
		B	2-4	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるが、Dong Nai 川の両岸の敷地は河川横断施設のために移転が必要となる可能性がある。横断施設用地選定に関しては詳細調査が必要である。	
		B	3-4	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるが、Dong Nai 川の両岸の敷地は河川横断施設のために移転が必要となる可能性がある。横断施設用地選定に関しては詳細調査が必要である。	
		B	3-5	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるが、Dong Nai 川の両岸の敷地は河川横断施設のために移転が必要となる可能性がある。横断施設用地選定に関しては詳細調査が必要である。	
		C	4-5	水道管は既存のパイプ溝に整備されるため、住民移転は発生しない。	
		C	5-6	水道管は既存のパイプ溝に整備されるため、住民移転は発生しない。	
		C	1-6	作業用の立坑の位置の選定により、住民移転は発生しない。	
2	暮らし、生計	C	1-2	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。	
3	文化遺産				
4	景観				

5 6	少数民族、先住 民族 労働環境	C	1-3	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	2-3	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	2-4	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	3-4	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	3-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	4-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	4-6	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	1-6	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
自然環境				
7, ~ 9	保護区 生態系 水文	C	1-2	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	1-3	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	2-3	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	2-4	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。また、Dong Nai 川の魚類、その他の生息動物に関しては慎重な配慮が必要である。
		C	3-4	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に Dong Nai 川の生態系、魚類、その他の生息動物に関しては慎重な配慮が必要である。
		C	3-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に Dong Nai 川の生態系、魚類、その他の生息動物に関しては慎重な配慮が必要である。
		C	4-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されないが、詳細調査が必要である。
		C	4-6	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されないが、詳細調査が必要である。
C	1-6	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。		
汚染対策				
10, ~, 14	大気質 水質 廃棄物 騒音、振動 地盤沈下	C	1-2	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中的これらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	1-3	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中的これらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	2-3	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中的これらの項目の排出は慎重に制御する。

		C	2-4	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	3-4	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	3-5	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	4-5	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	4-6	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	1-6	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
その他				
15	工事中の影響	B	1-2	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。TL768沿線には多くの居住は見られないが、狭く湾曲した道であるため工事には注意が必要である。
		B	1-3	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響（特にQL1からTL767の地域）を最小化するため、慎重に配慮する。しかし、TL768沿線は多くの居住は見られず、施工は容易と予想される。
		B	2-3	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。
		B	2-4	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。
		B	3-4	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。
		B	3-5	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。
		B	4-5	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。
		B	4-6	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。
		C	1-6	工事期間中、ほとんどの施工場所は地下であるため、自然・社会環境への悪影響は予想されない。しかし、作業に必要な立坑に関しては悪影響を及ぼさぬよう計画する。

➤ Dau Tien 湖から Tan Hiep WTP への導水路

No	環境項目	影響度予測と評価 (Node間)		
社会環境				
1	住民移転	C	1-3	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。しかし、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。
		C	3-4a	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。しかし、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。
		C	3-4b	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。しかし、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。

		C	4-5	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。しかし、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。
		C	5-6	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。しかし、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。
		C	6-7	基本的に水道管は公共道路下に埋設されるため、住民移転は発生しない。しかし、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。
		C	2-5	基本的に水道管は既存水路の堤防下に埋設されるため、住民移転は最小化される。またその他一部の管は公共道路下に埋設され、狭い部分に関しては詳細確認が必要である。
		C	1-7	作業用の立坑の位置の選定により、住民移転は発生しない。
2, 3, 4, 5, 6	暮らし、生計 文化遺産 景観 少数民族、先 住民族 労働環境	C	1-3	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	3-4a	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		B	3-4b	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、Cu Chi 記念公園やその他の重要な歴史地区を通るルートに関しては慎重な計画が必要である。
		B	4-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、Cu Chi 記念公園やその他の重要な歴史地区を通るルートに関しては慎重な計画が必要である。
		C	5-6	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	6-7	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		C	2-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に労働環境に関しては詳細調査が必要である。
		B	1-7	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、Cu Chi 記念公園やその他の重要な歴史地区の地下を通るルートに関しては、立坑や管の工事に関して慎重な計画が必要である。
自然環境				
7, ~9	保護区 生態系 水文	C	1-3	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	3-4a	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系、Saigon 川の漁業、住民に関しては詳細調査が必要である。
		C	3-4b	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	4-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	5-6	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されないものの、詳細調査が必要である。
		C	6-7	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されないものの、詳細調査が必要である。
		C	2-5	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては詳細調査が必要である。
		C	1-7	基本的にこれらの項目に関する大きな問題は予測されない。しかし、特に郊外地区の生態系に関しては立坑のために詳細調査が必要である。
汚染対策				

10, ~, 14	大気質 水質 廃棄物 騒音、振動 地盤沈下	C	1-3	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	3-4a	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	3-4b	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	4-5	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	5-6	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	6-7	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	2-5	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
		C	1-7	基本的に大きな問題は予測されない。しかし、工事中のこれらの項目の排出は慎重に制御する。
その他				
15	工事中の影響	C	1-3	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（住民は少ない）
		C	3-4a	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（住民は少なく、広い）
		B	3-4b	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（住民は少ないが、狭い）
		B	4-5	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（住民は少ないが、狭い）
		B	5-6	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（住民は多く、狭い）
		C	6-7	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（特別パイプ溝下に敷設するため、影響は小さい）
		B	2-5	工事期間中、交通規制、住民への迷惑（騒音、振動、塵埃、大気汚染、廃棄物、等）は、自然・社会環境への悪影響を最小化するため、慎重に配慮する。（運河に関しては影響は小さいが、行動に関しては慎重な配慮が必要）

イ) 原水中継ポンプ場

必要となる中継ポンプ場設置に関し、各環境・社会配慮影響項目の影響度を検討し、下記に示した。

➤ Tri An 湖から Thu Duc WTP まで

No	環境項目	ポンプ場建設の代替案に係る影響度予測と評価		
社会環境				
1	住民移転	D	1-1	現時点では、空き地で住居は無い。
		D	1-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。
		C	2-1	現時点では更地であるが、複数の住居が見られる。
		D	2-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。（1-2と同一箇所）
		D	3-1	現時点では、空き地で住居は無い。

		D	3-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		D	4	現時点では、空き地で住居は無い。(1-1と同一箇所)
		D	5	現時点では、空き地で住居は無い。(3-1と同一箇所)
		D	6	ポンプ施設は不要
2, 3, 4, 5, 6	暮らし、生計 文化遺産 景観 少数民族、先 住民族 労働環境	C	1-1	影響は小さい
		D	1-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。
		C	2-1	影響は小さい
		D	2-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	3-1	影響は小さい
		D	3-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	4	影響は小さい (1-1と同一箇所)
		C	5	影響は小さい (3-1と同一箇所)
		D	6	ポンプ施設は不要
自然環境				
7, 8, 9	保護区 生態系 水文	C	1-1	生態系への影響はあるが、小さいと予想される。
		D	1-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。
		C	2-1	生態系への影響はあるが、小さいと予想される。
		D	2-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	3-1	生態系への影響はあり、慎重な検討が必要である。
		D	3-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	4	生態系への影響はあるが、小さいと予想される。(1-1と同一箇所)
		C	5	生態系への影響はあり、慎重な検討が必要である。(3-1と同一箇所)
汚染対策				
10, 11, 12, 13, 14	大気質 水質 廃棄物 騒音、振動 地盤沈下	D	6	ポンプ施設は不要
		C	1-1	空き地であり、大きな影響は予想されない。
		C	1-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。
		C	2-1	ポンプ場の設計は、低騒音・低振動を考慮する。
		C	2-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	3-1	空き地であり、大きな影響は予想されない。
		C	3-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	4	空き地であり、大きな影響は予想されない。(1-1と同一箇所)
		C	5	空き地であり、大きな影響は予想されない。(3-1と同一箇所)
その他				
15	工事中の影響	D	6	ポンプ施設は不要
		C	1-1	作業スペースは広く、大きな影響は予想されない。
		C	1-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。
		C	2-1	道路が狭く、影響が考えられるため、慎重に配慮する。
		C	2-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	3-1	作業スペースは広く、大きな影響は予想されない。
		C	3-2	既存の Hoa An PS であるため、問題は無い。(1-2と同一箇所)
		C	4	作業スペースは広く、大きな影響は予想されない。(1-1と同一箇所)
		C	5	作業スペースは広く、大きな影響は予想されない。(3-1と同一箇所)

➤ Dau Tien 湖から Tan Hiep WTP まで

No	環境項目	ポンプ場建設の代替案に係る影響度予測と評価		
社会環境				
1	住民移転	C	1-1	現時点では、広い空き地で住居は無い。
		C	1-2	現時点では、空き家のある広い空き地であるが、複数の住居がある。
		C	2-1	現時点では、広い空き地で住居は無い。
		C	2-2	現時点では、広い空き地であるが、複数の住居がある。
		C	3-1	現時点では、広い水田で住居は無い。
		C	3-2	現時点では、広い灌木地で住居は無い。
		C	4	現時点では、広い森林で住居は無い。
2, 3, 4, 5, 6	暮らし、生計 文化遺産 景観 少数民族、先 住民族 労働環境	C	1-1	多少の懸念はあるが、僅少と考えられる。
		C	1-2	多少の懸念はあるが、僅少と考えられる。
		C	2-1	多少の懸念はあるが、僅少と考えられる。
		B	2-2	Ben Duc トンネルの歴史地区に位置するため、慎重な配慮が必要である。
		C	3-1	大きな問題は予想されない。
		C	3-2	多少の懸念はあるが、僅少と考えられる。
		C	4	多少の懸念はあるが、僅少と考えられる。
自然環境				
7, 8, 9	保護区 生態系 水文	C	1-1	複数の樹木のある灌木地であり、多少の懸念がある。
		C	1-2	大きな問題は予想されない。
		C	2-1	複数の樹木のある灌木地であり、多少の懸念がある。
		B	2-2	複数の樹木のある灌木地で制限表示があり、伐採には手続きが必要である。
		C	3-1	大きな問題は予想されない。
		C	3-2	大きな問題は予想されない。
汚染対策				
10, 11, 12, 13, 14	大気質 水質 廃棄物 騒音、振動 地盤沈下	B	4	森林地であり、慎重な配慮と許認可手続きが必要である。
		C	1-1	広い空き地であり、大きな影響は予想されない。
		C	1-2	複数の住居が見られ、ある程度の配慮が必要である。
		C	2-1	広い空き地であり、大きな影響は予想されない。
		C	2-2	複数の住居が見られ、ある程度の配慮が必要である。
		C	3-1	広い空き地であり、大きな影響は予想されない。
C	3-2	広い空き地であり、大きな影響は予想されない。		
その他				
15	工事中的影響	C	1-1	広い道路と空き地であり、大きな影響は予想されない。
		C	1-2	複数の住居が見られ、道は狭く、ある程度の配慮が必要である。
		C	2-1	広い道路と空き地であり、大きな影響は予想されない。
		C	2-2	複数の住居が狭い道沿いにあり、ある程度の配慮が必要である。
		B	3-1	アクセスロードが堤防道であり、いくつかの問題が予想される。
		C	3-2	複数の住居が狭い道沿いにあり、ある程度の配慮が必要である。

● 配水施設

Tu Duc および Tan Hiep の各配水系における配水池の設置に関して、次に挙げる予定地の検討が行われた。

ア) Tu Duc 配水系

- 1) Plan 1 – Saigon 動物園および植物園
- 2) Plan 2 – Gia Ding 公園
- 3) Plan 3 – Phu Lam 公園

イ) Tan Hiep 配水系 – Tan Binh 浄水場

上記配水池候補地に係る配慮すべき環境項目に対する影響について、下表に記した。

No	環境項目	各用地の配水池工事に係る影響度予測と評価		
社会環境				
1	住民移転	C	1-1)	用地は動植物園内に位置し、動物の配置換えの可能性はあるが、基本的に住民移転は発生しない。
		C	1-2)	用地は公園内に位置し、住民移転は発生しない。
		C	1-3)	用地は公園内に位置し、住民移転は発生しない。
		C	(2)	用地は既設浄水場内に位置し、施設の移動が発生し得る。詳細位置に関しては配慮が必要である。
2, 3, 4, 5, 6	暮らし、生計 文化遺産 景観 少数民族、先 住民族 労働環境	B	1-1)	動物、資料館等は保護・維持する必要がある。
		C	1-2)	用地は公園内に位置し、景観に関して慎重に配慮する。
		C	1-3)	用地は公園内に位置し、景観に関して慎重に配慮する。
		C	(2)	大きな影響は予想されない。
自然環境				
7, 8, 9	保護区 生態系 水文	B	1-1)	樹木や自然条件は適切に保護し、回復される。
		B	1-2)	樹木や自然条件は適切に保護し、回復される。
		B	1-3)	樹木や自然条件は適切に保護し、回復される。
		C	(2)	大きな影響は予想されない。
汚染対策				
10, 11, 12, 13, 14	大気質 水質 廃棄物 騒音、振動 地盤沈下	B	1-1)	動物は敏感であるため、ポンプ場からの排気ガス、騒音、振動は慎重に管理する。
		C	1-2)	公園地であるため、適切な対策が必要である。
		C	1-3)	公園地であるため、適切な対策が必要である。
		C	(2)	現況よりの悪化は予想されない。
その他				
15	工事中の影 響	B	1-1)	公園地であるため、特に動物や鳥類等のため、運送用トラック・塵埃・騒音などの建設交通問題は、慎重に管理する必要がある。
		C	1-2)	公園地であるため、運送用トラック・塵埃・騒音などの建設交通問題は、慎重に管理する必要がある。
		C	1-3)	公園地であるため、運送用トラック・塵埃・騒音などの建設交通問題は、慎重に管理する必要がある。
		C	(2)	施設解体が必要となるため、交通渋滞が予想される。
16	許認可、等	B	1-1)	公用地であるため、必要となるすべての許認可を慎重に手続する必要がある。
		C	1-2)	公用地であるため、必要となるすべての許認可を慎重に手続する必要がある。
		C	1-3)	公用地であるため、必要となるすべての許認可を慎重に手続する必要がある。
		C	(2)	施設解体が発生するため、許認可手続きとともに、慎重な計画が必要となる。

3-4-2 IEE 結果および環境チェックリスト

計画される原水取水施設、原水導水施設および配水池に関する IEE レベル検討を行った結果を下表に示した。

● 取水施設

取水施設設置に対する IEE レベル検討の結果。

ア) Tri An 湖

	Alt #1	Alt #2 (select)
社会環境	D, C	D, C
自然環境	D, C, B	D, C, B
汚染対策	D, C	D, C
その他	B, C	C

Tri An 湖の取水施設設置計画にかかる環境社会配慮に関して、両代替案共に C レベル以下と評価される。但し、水文の影響は”B”と評価されるものの、基本的事項として、Tri An 湖から導水することから、Tri An 水力発電会社、SAWACO や関連団体を含む政府機関間の協議・対策の決定・合意がこの戦略的なプロジェクトには不可欠となる。また、Alt #1 の建設中の評価は”B”であるが、自然・社会環境への悪影響の最小化のため、騒音・振動・塵埃・排出ガス・廃棄物などを管理可能な施工手段の配慮により回避可能である。一方、Alt #2 においては作業スペースが広く、Alt #1 よりも影響は小さい。

イ) Dau Tien 湖

Items	Alt #1 (select)	Alt #2
社会環境	D, C	D, C
自然環境	D, C	D, C
汚染対策	D, C	D, C
その他	C	B, C

Dau Tien 湖の取水施設設置計画にかかる環境社会配慮の観点として、両代替案共に”C”以下と評価される。但し、Alt #2 の工事中的の評価は作業スペースが広くないため”B”と評価されるが、自然・社会環境への悪影響の最小化のため、騒音・振動・塵埃・排出ガス・廃棄物などを管理可能な施工手段の配慮により回避可能である。

● 原水導水施設

原水導水施設設置に対する IEE レベル検討の結果を以下にまとめた。

ア) Tri An 湖

➤ 導水管施設

	Alt #1 (Node 1-3-4-5-6)	Alt #2 (Node 1-2-4-5-6)	Alt #3 (Node 1-2-3-4-5-6)	Alt #4 (Node 1-3-5-6)	Alt #5 (Node 1-2-3-5-6)	Alt #6 (Node 1-6)
社会環境	C	C	C	C	C	C
自然環境	C	C	C	C	C	C
汚染対策	C	C	C	C	C	C
その他	B	B	B	B	B	C

➤ ポンプ場施設

	Alt#1 PS1-1 PS1-2	Alt #2 PS2-1 PS2-2	Alt #3 PS3-1 PS3-2	Alt #4 PS 4	Alt #5 PS 5	Alt #6 No PS
社会環境	C, D	C, D	C, D	C, D	C, D	D
自然環境	C, D	C, D	C, D	C	C	D
汚染対策	C	C	C	C	C	D
その他	C	C	C	C	C	D

Tri An 湖から Thu Duc WTP までの導水路施設工事計画にかかる環境社会配慮の観点として、ほとんどの代替案は”C”以下と評価される。但し、Dong Nai 川の横断地点 (Alt #6 以外)では、水管橋等河川横断施設の建設のため河岸の複数の住居の移転が見込まれる。移転の発生の回避や最小化のためには、横断地点用地選定には慎重な計画が重要である。

交通量の多い QL1A や QL15 を通過するため、Alt #1、3、4、5 の工事中の評価は”B”である。自然・社会環境への悪影響を最小化にするため、交通整理、騒音・振動・塵埃・排出ガス・廃棄物などの近隣への迷惑に配慮が必要である。

導水施設が狭い道路である TL768 の下に設置されるため、Alt #2、3、5 の工事中の評価は”B”である。このため、周辺住居は多くないものの、自然・社会環境への悪影響の最小化のため、交通整理、騒音・振動・塵埃・排出ガス・廃棄物などの近隣への迷惑に慎重な配慮が必要である。

イ) Dau Tien 湖

➤ 導水施設

	Alt #1 (Node 1-3a-4-5-6-7)	Alt #2 (Node 1-3b-4-5-6-7)	Alt #3 (Node 2-5-6-7)	Alt #4 (Node 1-7)
社会環境	C, B	C, B	C	C, B
自然環境	C	C	C	C
汚染対策	C	C	C	C
その他	C, B	C, B	C, B	C, B

➤ ポンプ場

Items	Alt #1 PS 1-1, PS1-2	Alt #2 PS2-1, PS2-2	Alt #3 PS3-1, PS3-2	Alt #4 PS 4
社会環境	C	B, C	C,	C, D
自然環境	C	B, C	C	B
汚染対策	C	C	C	D
その他	C	C	B, C	C

Dau Tien 湖から Tan Hiep WTP までの導水路施設工事計画にかかる環境社会配慮の観点として、ほとんどの代替案は”C”以下と評価される。但し、導水施設が Cu Chi 記念公園や他の歴史的な重要地区を横断、また近隣に設置されるため、代替案 1、2、4 の社会環境評価は”B”である。このため、Cu Chi 遺跡への悪影響回避のために施設ルート、配置計画に関し詳細な配慮が必要である。

また、導水施設が狭い道路である TL768、TL16 や混雑して幅の狭く、住居の多い TL8 の道路下に設置されるため、全ての代替案の工事中の評価は B である。このため、周辺住居は多くないものの、自然・社会環境への悪影響の最小化のため、交通整理、騒音・振動・塵埃・排出ガス・廃棄物などの近隣への迷惑に慎重な配慮が必要である。

● 配水施設

	Tu Duc 配水系			Tan Hiep 系
	1-1) Saigon 動物園	1-2) Gia Ding 公園	1-3) Phu Lam 公園	(2) Tan Binh WTP
社会環境	B, C	C	C	C
自然環境	B	B	B	C
汚染対策	B	C	C	C
その他	B	C	C	C

Saigon 動植物園内の配水池建設計画に関して、全ての IEE 項目は B となった。これは、Saigon 動物園は社会的・自然的にホーチミン市民にとって非常に重要な場所であるためである。また、配水池の建設中と建設後、動物園の動物や観客に対する影響（安全面、ポンプ場による騒音・塵埃）が予想される。そのため、計画・設計、許認可取得、詳細に練られた施工手順や、その他悪影響を最小化対策に慎重な配慮が最も重要である。

Gia Ding および Phu Lam 公園における配水池建設の際、多くの樹木が伐採される。そのため、工事中における安全対策に加え、景観および公園の回復事業に慎重な配慮を要する。

Tan Hiep 配水系のための Tan Binh WTP 内の配水池建設計画に関して、全ての環境項目に関してカテゴリーは C であった。しかし、既存施設の解体が配水池建設前に行われることから、解体と建設手順に係る計画・配慮に慎重を要する。

上記で計画されている配水池に接続する送導水管に係る環境社会配慮は、各送水管の実施計画の中で行うものとする。

3-4-3 カテゴリー”B”項目に関する可能性のある緩和策・最適化対策計画

前述の評価結果として、施設建設の代替案に係る社会・自然環境懸案事項のほとんどはカテゴリー”C”であったが、数項目はカテゴリー”B”であった。しかしながら、これらのカテゴリー”B”の項目は、何らかの緩和策や最小化対策によりカテゴリー”C”と再評価される可能性がある。次に示すのは、カテゴリー”B”項目の緩和策および最小化対策案である。

● 取水施設

ア) Tri An 湖施設

環境項目	代替案	対策案
水文、自然環境	Alt #1 Alt #2	Tri An 湖の水利権に係る協議と政府関係機関間の水利利用に関する取り決め・合意 水力発電所下流からの取水計画と設計

イ) Dau Tien 湖施設

環境項目	代替案	対策案
工事中の影響 (その他)	Alt #2	コンパクトなタイプの取水施設設計 幅の広いアクセスロードの建設 大きな道路占有を必要としない施工法

● 原水導水施設

ア) 原水導水管

▶ Tri An 湖から Thu Duc WTP への導水管

環境項目	ルート案	対策案
住民移転 (社会環境)	Nodes 2-4 Nodes 3-4 Nodes 3-5	ドンナイ川横断施設に関し最小影響エリアの選定 周辺住民への被害を生じさせない最適工法の選定
交通 (社会環境)	Nodes 1-2 Nodes 1-3 Nodes 2-3 Nodes 2-4 Nodes 3-4 Nodes 3-5	配管トレンチを最小幅とする工法を設計 周辺住民への被害を生じさせない最適工法の選定
工事中の影響 (その他)	Nodes 1-2 Nodes 1-3 Nodes 2-3 Nodes 2-4 Nodes 3-4 Nodes 3-5 Nodes 4-5 Nodes 4-6	住民への迷惑（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化する工法の選定 工期が短く且つ、効果的な施工法となる設計 交通妨害を避けるための最も安全で効率的な交通制御の計画と実行

▶ Dau Tien 湖から Tan Hiep WTP への導水管

環境項目	ルート案	対策案
文化遺産 (労働環境)	Nodes 3-4b Nodes 4-5 Nodes 1-7	トンネルルート・施設に関するCu Chi 記念公園およびその他の遺跡に関する十分な対策検討 Cu Chi遺跡と施設を回避した導水管敷設位置の選定 導水管敷設に関する公園管理側や政府関連機関との協議と合意の取得 遺跡に対する影響を最小化する導水管敷設のための最適工法の選定
工事中の影響 (その他)	Nodes 3-4b Nodes 4-5 Nodes 5-6 Nodes 2-5 Nodes 1-7	住民への迷惑（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化する導水管敷設等の設置のための最適工法の選定 工期が短く且つ、効果的な施工法となる設計 交通妨害を避けるための最も安全で効率的な交通制御の計画と実行

イ) 原水中継ポンプ場

▶ Tri An 湖から Thu Duc WTP まで

想定され得る全ての自然・社会環境影響項目はカテゴリC以下と評価された。

▶ Dau Tien 湖から Tan Hiep WTP まで

環境項目	ポンプ場位置	対策案
文化遺産	PS 2-2	トンネルルート・施設に関するCu Chi 記念公園およびその他の遺跡に関する検討 Cu Chi トンネル遺跡と施設を回避したポンプ場位置の選定 導水管敷設に関する公園管理側や政府関連機関との協議と合意の取得 遺跡に対する影響を最小化するポンプ場建設のための最適工法の選定 稼働時の住民への迷惑（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化する施設設計
生態系	PS 2-2 PS 4	緑の環境に適したポンプ場の設計 鳥の巣の移動と移植の配慮
工事中の影響	PS 3-1	十分なアクセスロードの計画 運河や堤防への影響を最小化する施設設計の配慮

● 配水施設

環境項目	配水池位置	対策案
生活、生計	Saigon 動物園	工事期間中の動物への影響（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化を配慮した施設設計 動物から離れた施設位置の配慮
生態	Saigon動物園 GiaDing公園 PhuLam公園	影響の最小化が期待される公園内施設の位置への配慮 稼働時の動物への影響（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化を配慮した施設設計 環境を守るために最適な施設設計 類似樹木の移植の設計
大気	Saigon 動物園	稼働中の動物への影響（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化を配慮した施設設計
工事中の影響	Saigon 動物園	動物への影響（騒音・振動・排気ガス・廃棄物、等）を最小化する最適な工法の選定 工期が短く且つ、効果的な施工法となる設計 交通妨害を避けるための最も安全で効率的な交通制御の計画と実行

3-4-4 要求されるモニタリング

本段階では、全ての必要な回避・最小化手法が適切に実行される仮定に基づいて、上記の施設（原水導水系およびホーチミン配水系）の設置に関して、自然・社会環境に関わる全ての大きな影響は予測されない。この時点では進捗のモニタリングは要求されていないが、実行すべき詳細な配慮や計画がなされた後、何らかの理由で必要とされる際は、環境項目と手続きのモニタリングのため JICA ガイドラインが参考となる。

モニタリングを行う項目は、それぞれのセクター及びプロジェクトの特性を踏まえ、以下に掲げる項目（JICA ガイドライン別紙 6）を参照しつつ、必要な項目を判断する必要がある。

- 許認可・説明

- 当局からの指摘事項への対応

- 汚染対策

- 大気質 : SO₂、NO₂、CO、O₂、煤塵、浮遊粒子状物質、粉塵等
- 水質 : pH、SS（浮遊物質）、BOD（生物化学的酸素要求量）/COD（化学的酸素要求量）、DO（溶存酸素）、全窒素、全リン、重金属、炭化水素、フェノール類、シアン化合物、鉱油、水温等
- 廃棄物
- 騒音・振動
- 悪臭

- 自然環境

- 生態系 : 貴重種に対する影響、対策等

- 社会環境

- 住民移転
- 生活・生計

（注）大気質・水質については、排出値か環境値かを特定。また、工事中の影響か操業中の影響かによって、モニターすべき項目が異なることに留意が必要。

第4章 事業性の検討

4-1. 背景

4-1-1 インフラ開発および PPP(Public Private Partnership)事業について

ベトナムにおいて今後インフラ開発に要する資金は、今後 10 年で 10 兆円、20 年で 30 兆円とも推計されており、これを従来のようにベトナム政府及び ODA 資金だけでは十分にまかなうことは難しく、民間資金の早急な動員が必要であると考えられている。ベトナム政府は、民間資金動員に向けて 2010 年 11 月に PPP パイロット法（首相決定 71 号）を制定し、MPI に PPP パイロットプロジェクトを推進するタスク・フォースを設置している。2013 年 1 月にはロンアン省工業団地関連事業が、日本政府からの資金拠出を受ける日本企業によるインフラ事業として実施されることが決定しており、今後も日本の政府および民間企業の活躍が期待されている。同年月に安倍晋三首相がベトナムの首都ハノイを訪れ、グエン・フー・チョン共産党書記長、チュオン・タン・サン国家主席、グエン・タン・ズン首相といった要人と相次いで会談するなど、トップレベルでの日越交流も行われており、日越両国が引き続き緊密な関係を構築することが期待されている。

4-1-2 配水場管理の必要性

● 課題と解決策

第 2 章で述べたとおり、ホーチミン市の上水道システムは、市内中心部から 10km 程度離れた浄水場の配水ポンプで配水管網の末端まで直接配水しており、その地理的特性（南北に長く、高低差がない）や都市の発展に伴う市域の拡大や需要の増加のため、次のような課題を持ち合わせている。

- 急激に増加する水需要に対する供給能力不足
- 高い漏水率（平均 40%）
- 浄水場からの直接配水に起因する市内配水圧の不均衡と配水管網の末端における低水圧および水質汚染
- 生活水準向上による水道の要求品質向上（水量・水圧・水質）への対応

こうした課題を解決し、将来のホーチミン水道のあるべき姿を描くため、SAWACO において、2025 年を目標年次とする都市計画マスタープランに基づいた、水道マスタープラン（Master plan for HCMC water supply system up to 2025 (Ho Chi Minh City, 2012) 以下、WSMP という）を策定し、2012 年 6 月に正式決定（首相承認）されているというのが現状である。

一方、WSMP では、長期的な視点に立った水道システムの改善という観点からは、将来的な配水施設整備について、これまでホーチミン市水道を拡張してきた方法と同

様、浄水場の拡張に合わせた浄水場から市域中心部に至る基幹管路（配水幹線）の追加による配水システムの拡張が提案されており、また、現在から 2025 年に至るまでの時系列的な施設整備内容については検討されていない状況である。

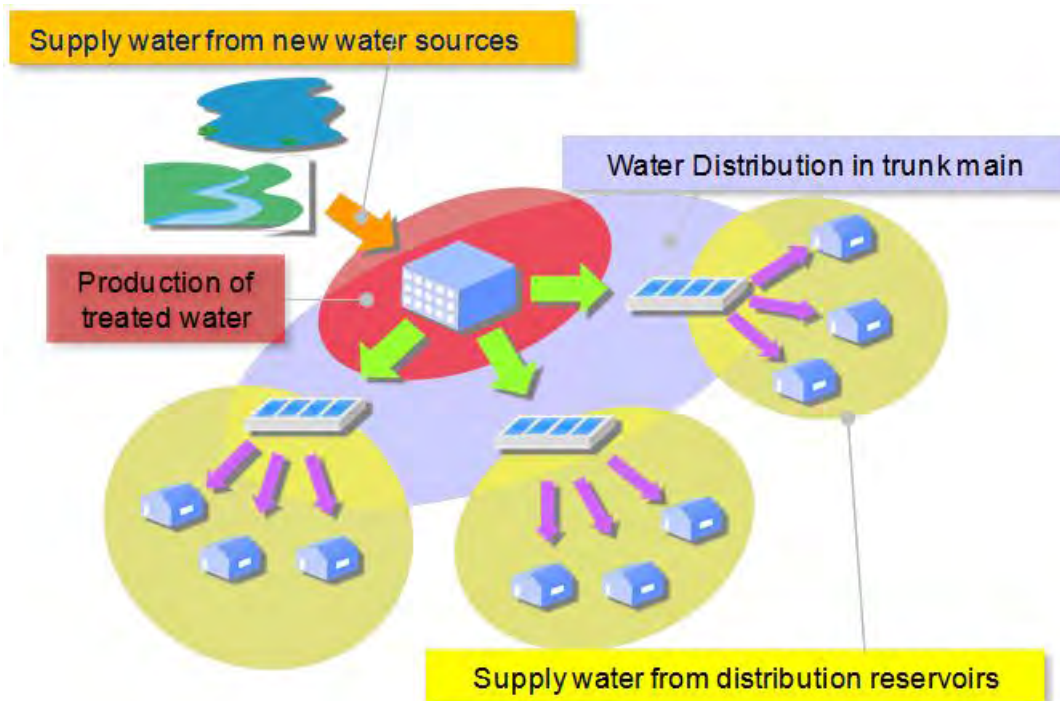


図 4-1-1. 配水場事業の概要

4-2. PPP 事業スキームの検討

4-2-1 配水場事業の配水対象地域

水圧の低下はホーチミン市内全域に及ぶが、第 2 章における検討結果に基づき、今回の調査における配水場設置地域は Tan Son Nhat とし、配水対象地域は City Central Area とする。なお、今回検討対象とはしなかったその他の地域についても、City Central Area と同様に、水圧の低下ならびに水質の悪化という問題を抱えていることから配水場設置による水圧、水質の向上の効果が期待されるため、本検討を参考に分析することにより、さらに波及効果が拡大すると考えられる。

表 4-2-1 配水場のスペック等

Location	Tan Son Nhat
Distribution service area	Central Area
Estimated Population in Master Plan	681,000
Capacity of Reservoir	Water Reservoir 36,000m ³ Pumping Station 275,000m ³ day

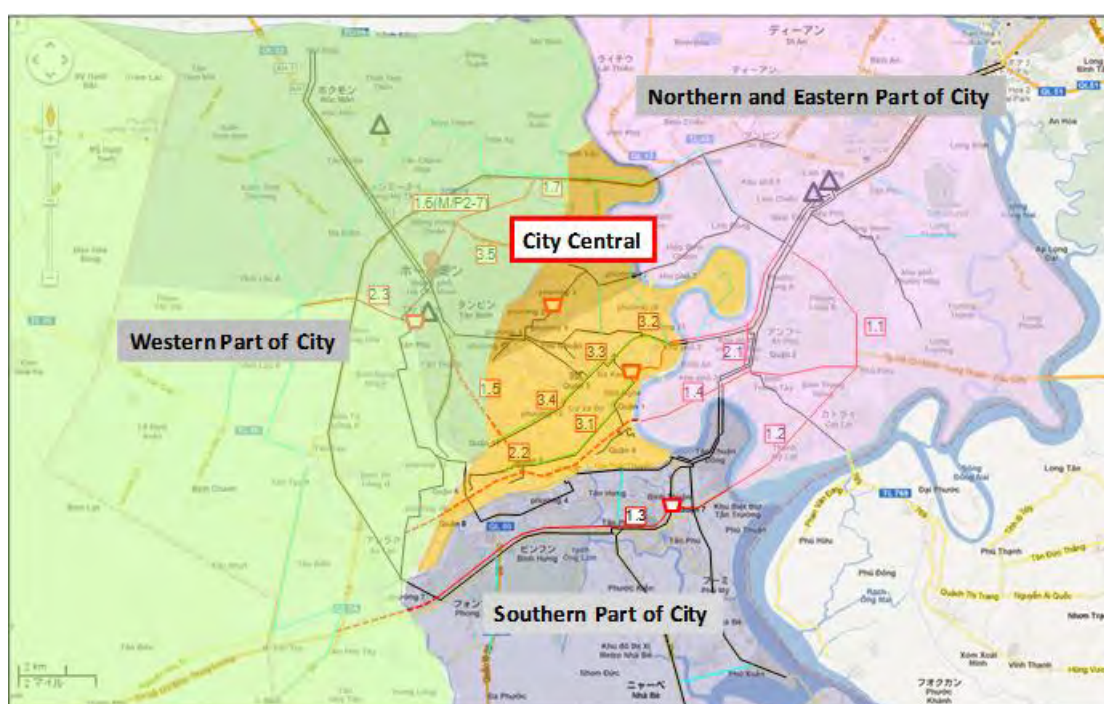


図 4-2-1 配水場事業の対象地域

4-2-2 SAWACO の財政状況を踏まえた事業実施手法の検討

現状の SAWACO の財政状態を鑑みると、MasterPlan にて計画されている設備投資に加えて前述の配水場の建設を SAWACO 自ら実施することは資金的に容易ではないとの SAWACO からの回答を得ている。また、SAWACO がベトナム政府からの資金提供を受けることが可能であれば SAWACO 自身による設備投資の実施も可能と考えられるが、財政支出削減が進められる中で資金拠出を見込むことは現実的ではない。さらに、ODA についても、今後 ODA による資金提供機会は減少していくことを SAWACO も認識している。よって、本調査においては、民間資金の活用を検討する。

また、早急な設備投資が必要であるにも拘わらずマスタープランにおける設備投資計画の実行が遅れている状況を鑑みると、資金調達から設備投資の実行まで迅速に行うことができ、かつ既に運営ノウハウを有している民間事業者の力を借りることは、SAWACOにとって自身で実施するよりも迅速に事業を実施できるという意味において有益であると考えられる。さらに、今後 SAWACO 自身が効率的な配水マネジメント能力を身に着けるためにも、単に SAWACO が自ら設備投資および施設運営を実施する、または SAWACO から民間事業者に業務委託を行うのではなく、技術を有する民間事業者と密接に連携し、民間事業者からノウハウの移転を受けることが望ましいものと考えられる。

上記を踏まえると、本事業を官民連携(PPP)の形で実施することには意義があり、また PPP 事業を推進しているベトナム政府の意向とも合致している。

4-2-3 PPP 事業における役割分担

PPP事業においては、民間事業者とは別の事業実施主体としてSPC¹を組成することが一般的である。この目的は、PPP事業の事業実施主体の収益責任を明確化するとともに、民間事業者の倒産リスクから隔離することにより、対象事業の継続性を確保すること、およびPPP事業の実施主体の信用能力の向上を図り資金調達コストを削減することにある。そこで、事業実施主体をSPCとした上で、本事業をPPP事業として実施した場合のSAWACO（発注者）とSPC（受注者）の役割分担を整理した。役割分担は、他事例も踏まえ、一般的な役割分担として下表のように設定した。基本的な考え方としては、本事業の実施主体であるSPCが実施するのは、配水場の建設および維持管理・運営であり、その他に必要な送水管等の整備、および配水対象地域の配水管の維持管理については関連する施設を所有するSAWACOが実施することとした。

表 4-2-2 役割分担

EPCPhase								
No.	Work item	Land acquisition	Approval	Planning	Engineering	Procurement	Construction	Asset
1	Distribution reservoirs	SAWACO	SAWACO	SAWACO/SPC	SPC	SPC	SPC	SPC

O&MPhase				
No.	Work item	Approval	Planning	Operation
1	Operation of distribution reservoirs	SAWACO	SPC	SPC
2	Maintenance of distribution reservoirs	SAWACO	SPC	SPC
2	Control of Water flow and water pressure in distribution area*	SAWACO	SPC	SPC
3	Maintenance of Water pipes in distribution area*	SAWACO	SAWACO	SAWACO
4	Readjustment of distribution plan	SAWACO	SPC	-
5	Order of supply water from WTP	SAWACO	SPC	-

¹ SPC:Special Purpose Company 特定の事業のみを行うことを目的として設立される会社

4-2-4 PPP スキーム

● PPP スキームの種類

ア) BOO (Build Own Operate)方式

民間事業者が施設の設計・建設を行った後に、自ら施設を所有し運営を行う方式。民間事業者が事業期間を通じて施設を所有し、施設に係る一切のリスクを負担することになる。ただし、民間事業者が施設を保有するため、本来公共が施設を所有していた場合にはかからなかった資産所有に係る固有のコスト（固定資産税等）が発生することになる。

発注者が自ら資金調達を行い事業を実施した場合と異なり、資産ならびにその調達に要した負債の計上を免れる、いわゆる「オフバランス効果」が期待される場所であるが、発注者が施設に係るコストと便益を実質的に負担しているという経済的事態が存在する場合、発注者に適用される会計基準によっては、事業者から発注者に対する「所有権移転外ファイナンスリース」であるとされ、発注者側においてリース資産ならびにリース負債を計上することを求められる可能性がある。そのため、BOO方式のオフバランス効果の有無については、取引の実態および現地の会計基準を精査したうえで極めて慎重に判断する必要がある。

イ) BOT (Build Own Transfer)方式

民間事業者が施設の設計・建設を行った後に、自ら施設を所有し、運営期間終了後に施設を発注者に譲渡する方式。

BOO方式と異なる点は、「所有権移転ファイナンスリース」であるとされる点であり、それ以外はBOO方式と同じである。

ウ) BTO (Build Transfer Operate)方式

民間事業者が施設の設計・建設を行った後に、施設を発注者に引き渡し、その後運営を行う方式。施設は発注者が保有するため、確実に発注者が資産と負債を計上することになる。施設所有に伴うリスクは発注者が負担するが、瑕疵担保責任を問うことができる期間中であれば、民間事業者に責任を負わせることが可能である。また、民間事業者が施設を保有しないため、民間が所有することにより発生する固有のコスト（固定資産税等）は発生しない。

エ) BT (Build Transfer)方式

民間事業者が施設の設計・建設を行った後に、施設を発注者に引き渡す方式。施設の維持管理は、発注者自ら、もしくは指定管理者等が実施する。

上記4つの方式のいずれを選択するかは、リスク移転の考え方や、事業期間後の取扱、税制の適用等を総合的に勘案して決めることとなる。現時点では、これらの条件について確定できないため、今後事業の具体化をさらに進める上で決定する。

また、方式によって適用する法制度も異なることとなる。以下、PPP事業の実施を

規定する法制度について説明する。

- 法的側面からの検討

- ア) 改正 BOT 法と PPP パイロット法

従来、ベトナムにおいて BOT、BTO、BT 方式による PPP 事業を実施する場合、BOT 法が適用されていた。その後、2010 年 11 月に Decision71(PPP パイロット法)が首相決定され、2011 年 1 月に施行となった。Decision71(PPP パイロット法)の適用対象は幅広く、「PPP によるインフラ事業」とされており、従来 BOT 法が適用されていた BOT、BTO、BT 方式の PPP 事業も対象になる可能性があるが、いずれの法律を適用すべきかについて現時点では明確ではない。PPP パイロット法は法改正に向けて現在検討が行われているところであるが、どのような方向性になるかについてはまだ明らかになっていない。以下では、現時点における改正 BOT 法と PPP パイロット法の特徴を整理している。

- イ) 改正 BOT 法※Decree 108/2009/ND-CP (Decree on Investment in the Form of Build-Operate-Transfer, Build-Transfer-Operate or Build-Transfer Contract)

改正 BOT 法は、2009 年に施行されている。改正 BOT 法が規定する、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の通りである。

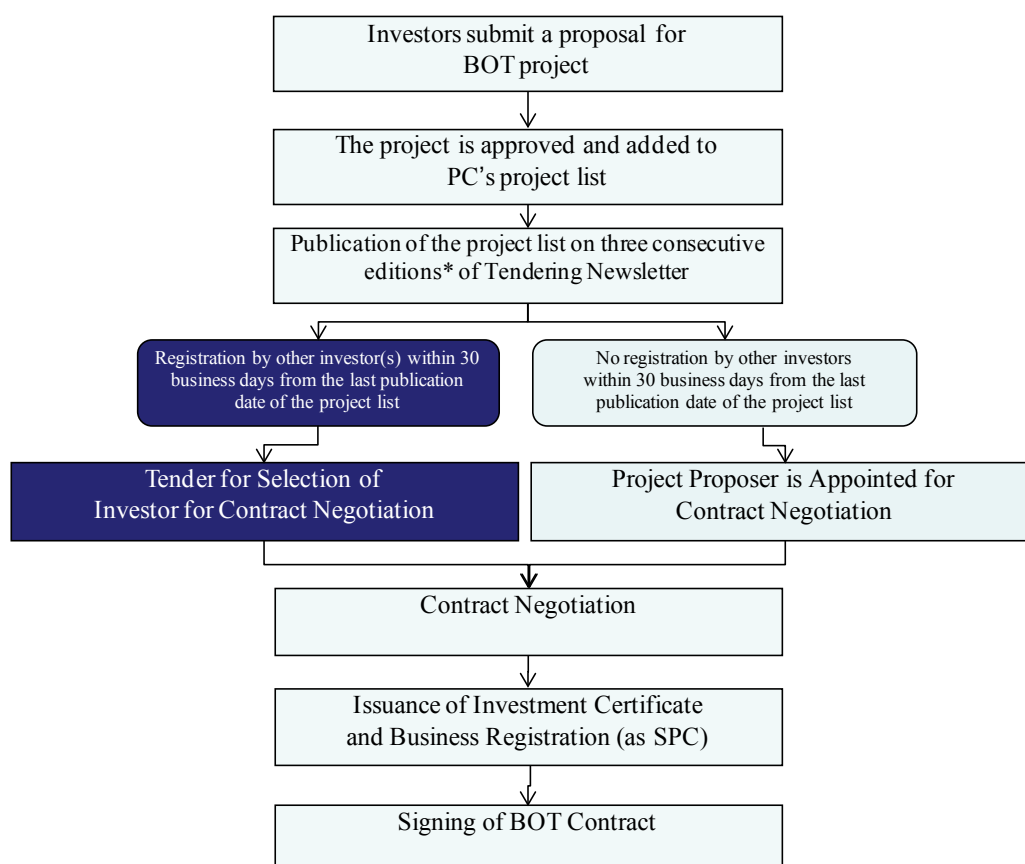


図 4-2-2. 改正 BOT 法における手続き

ウ) PPP パイロット法

PPP パイロット法では、今後、ベトナムにおいて PPP 方式によるインフラ事業を行う場合、同法に則るものとされている。下表は、PPP パイロット法における入札手続のフローを示したものである。

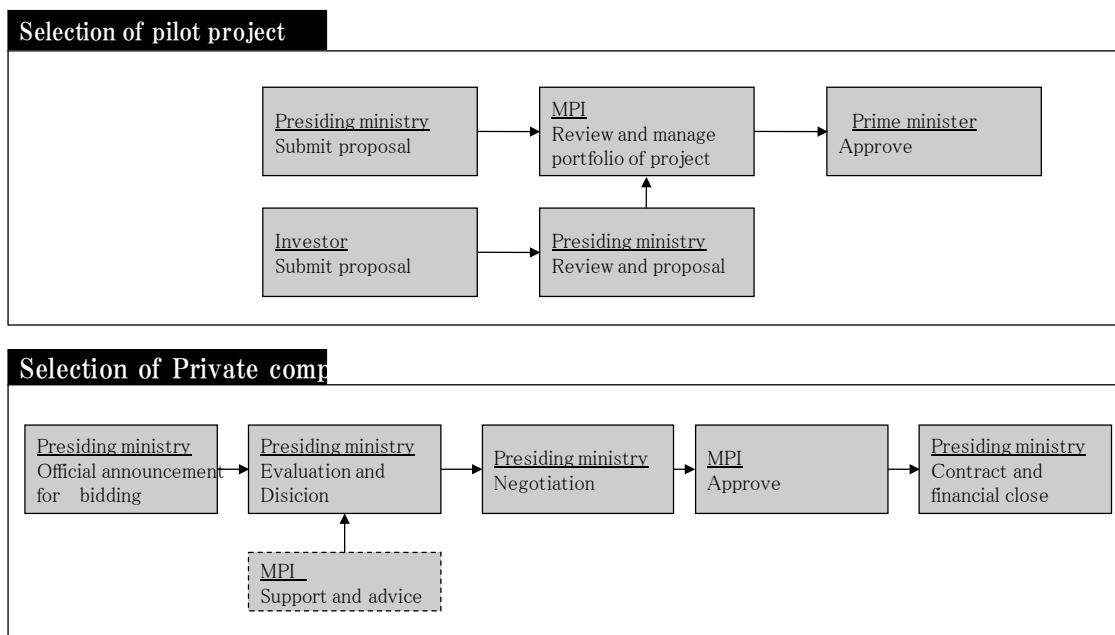


図 4-2-3 PPP パイロット法における手続き

なお、先述の通り同法の正式な制度化が検討されており、投資家などとの討議が行われている。この検討においては、PPP 事業実施における政府からの補助の比率上限をどのようにするか、民間事業者の選定方法をどのようにするか等実施条件について論点に挙がっている。今後、正式な法制度に向けてはこの討議を踏まえて、さらにベトナム政府内で司法省等との協議が必要であり時間を要するとともに、どのような制度詳細になるかは不透明な状況であるため、今後の検討結果を待つ必要がある。

エ) 改正 BOT 法と PPP パイロット法の比較

改正 BOT 法と PPP パイロット法を比較すると、改正 BOT 法では 50%以下とされていた公的資金の割合が、PPP パイロット法では 30%以下とされており、総資金調達額に占める資本金の割合に関しても、改正 BOT 法と比較して PPP パイロット法の方がより高い比率を求められる模様である。

また、本事業の実施形態として BOO 方式も考えられるが、BOT 法、PPP パイロット法どちらも BOO 方式について明確には規定しておらず、現時点においては、BOO 方式の制度上の取り扱いが不明確であるようにも見受けられる。

改正 BOT 法と PPP パイロット法、それぞれにおける規定の内容は、下表のとおりである。

表 4-2-3 改正 BOT 法と PPP パイロット法の比較

	改正 BOT 法(Decree108)	PPP パイロット法 (Decision71)
適用対象	BOT,BTO,BT	PPP 方式によるインフラプロジェクト
公的資金割合	総事業費のうち 50%以下 ※政府保証、補助金、ODA を含む	総事業費のうち 30%以下 ※政府保証、補助金、ODA を含む
最低資本金割合	・総投資額のうち 1.5 兆 VND までの部分→ 15% ・総投資額のうち 1.5 兆 VND を超える部分→ 10%	21%
競争入札	複数の応募者がいる場合には必要 ※参加者が単一の場合には不要	必要 ※応募者が単一の場合についての規定は無し
最低保証金額	・総投資額のうち 1.5 兆 VND までの部分→ 2% ・総投資額のうち 1.5 兆 VND を超える部分→ 1%	民間資本の 2%

その他、SPC の設立、外国資本による直接投資に関する制度など、本事業を実施する際の法制度上の課題は、添付資料に示す。

4-2-5 資金調達スキーム

本事業を PPP 事業として実施する場合には、事業実施主体が独自に資金調達を実施する必要があるため、以下、資金調達手法について検討を行った。

● 負債：資本の比率

資金調達手法の検討に際して、まずはおおまかに資本金で調達するのか、負債で調達するのかについて検討する必要がある。

ア) 本調査において検討中の事業における考慮事項

➤ 法律・その他制度上の規制

本事業を実施する場合 PPP 法では総投資額の 21%以上、BOT 法では総投資額の 15%以上の資本金が必要となる。

- 資金需要額の規模およびスポンサーによる出資限度額
スポンサーの資金力を鑑み、拠出可能な資本金額を考慮する必要がある。
- 事業のリスク
一般的に事業のリスクが高いほど、事業への融資を行う金融機関からは、不測の資金需要に対応するために多くの資本金額を求められる。

● 出資による資金調達手法の検討

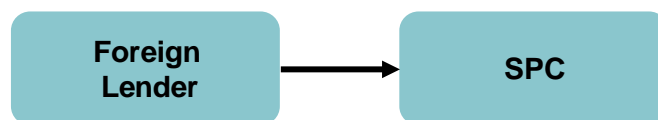
ア) 調達先の検討

- 日本企業
本件のような PPP 事業では、SPC のスポンサーが、SPC から建設業務や運営業務を請け負うことになる可能性がある。日本企業の場合は、資金力と建設能力及び運営能力を全て兼ね備えていることから、事業を一括で受注する目的でスポンサーとして参入する可能性が期待できる。
- 現地企業
事業運営においては、事業運営の円滑化・効率化の観点から、現地の事情や施設及び設備の状況に精通した現地企業と連携することが、一つの選択肢となる。今回の事業においても、現地企業と連携する可能性が考えられる。
- SAWACO
今回の検討においては、日本企業および自治体から SAWACO へのノウハウの移転が期待されている。SAWACO からの出資を受けることにより、両者の連携がより強化され、ノウハウの移転がより効率的・効果的となることが期待される。なお、検討する場合には、SAWACO の財政状況を鑑みて判断する必要がある。

● 融資による資金調達手法の検討

ア) 調達オプション

- 国外金融機関による直接融資
国外金融機関から事業体に対して直接貸付を行う方式。調達先としては、World Bank や JICA(Japan International Cooperation Agency)などの国際協力機関、ADB(Asia Development Bank)や JBIC(Japan Bank for International Cooperation)などの輸出信用機関、民間の商業銀行等が挙げられる。上記のうち国際競争力の高い日本の金融機関からの借入であれば、低金利かつ固定金利での調達が可能であるというメリットが存在する。一方で、借入通貨は外貨建て（ベトナムドン以外）となる可能性が高く、収入通貨が当該外貨でない場合、もしくは為替連動払いでない場合には借入人である事業体が為替変動リスクを負うことになるというデメリットが存在する。



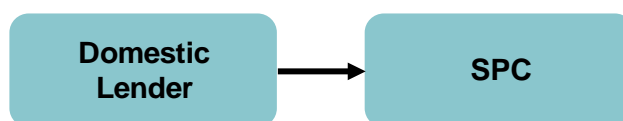
➤ 国外金融機関からの、現地金融機関を介した2ステップローン

国外金融機関から現地の金融機関に対して貸付が行われ、それを受けた現地の金融機関が事業体に対し貸付を行う方式。調達先としては、World Bank や JICA(Japan International Cooperation Agency)などの国際協力機関、ADB(Asia Development Bank)や JBIC(Japan Bank for International Cooperation)などの輸出信用機関が挙げられる。媒介する現地金融機関からは事業体の収入通貨と同一の通貨による貸付を行うことが可能であり、その場合には事業体が為替変動リスクを負わないというメリットがある。一方で、非常に高金利であるベトナムにおいて現地金融機関を介在するため、事業体が負担する金利が非常に高率になってしまうことになり、加えて金利の固定化が困難になる可能性があるというデメリットが存在する。



➤ 現地金融機関によるローン

ベトナムの金融機関から事業体に対して貸付を行う方式。収入通貨が現地通貨である場合には事業体が為替変動リスクを負わずに済むというメリットが存在する。一方で、非常に高金利であるベトナムにおける融資であるため、事業体が負担する金利が非常に高率になってしまうことになり、加えて、現地の金利スワップマーケットが存在しないため金利の固定化ができないというデメリットが存在する。また、現地金融機関の能力・実績次第では、融資期間が事業期間よりも短くなってしまい、事業体の資金繰りが困難となる可能性もある。



4-2-6 各関連当事者の相関関係および契約スキーム

上記の検討内容を踏まえ、本事業を実施した場合に想定される関連当事者と、必要となる主たる契約内容を以下に整理した。

➤ SPC(Special Purpose Company)・・・A

本事業の実施主体であり、SAWACO に対し配水場の建設及び維持管理・運営サービスを提供する。

- SAWACO (Saigon Water Corporation)・・・B
 本事業の発注者であり、SPC から配水場の建設及び維持管理・運営サービスを受け、SPC に対しその対価を支払う。
- PC HCMC (Ho Chi Minh City People's Committee)・・・C
 ホーチミン市の地方行政機関であり、本事業を実施する場合には当機関が承認を行う。
- 出資者および融資者・・・D
 本事業の実施主体である SPC に対して、本事業実施に必要な資金を出資または融資により提供する。
- 下請事業者・・・E
 本事業の実施主体である SPC から、本事業に関連する業務（設計、建設、維持管理・運営、技術サポート等）を受託し実施する。

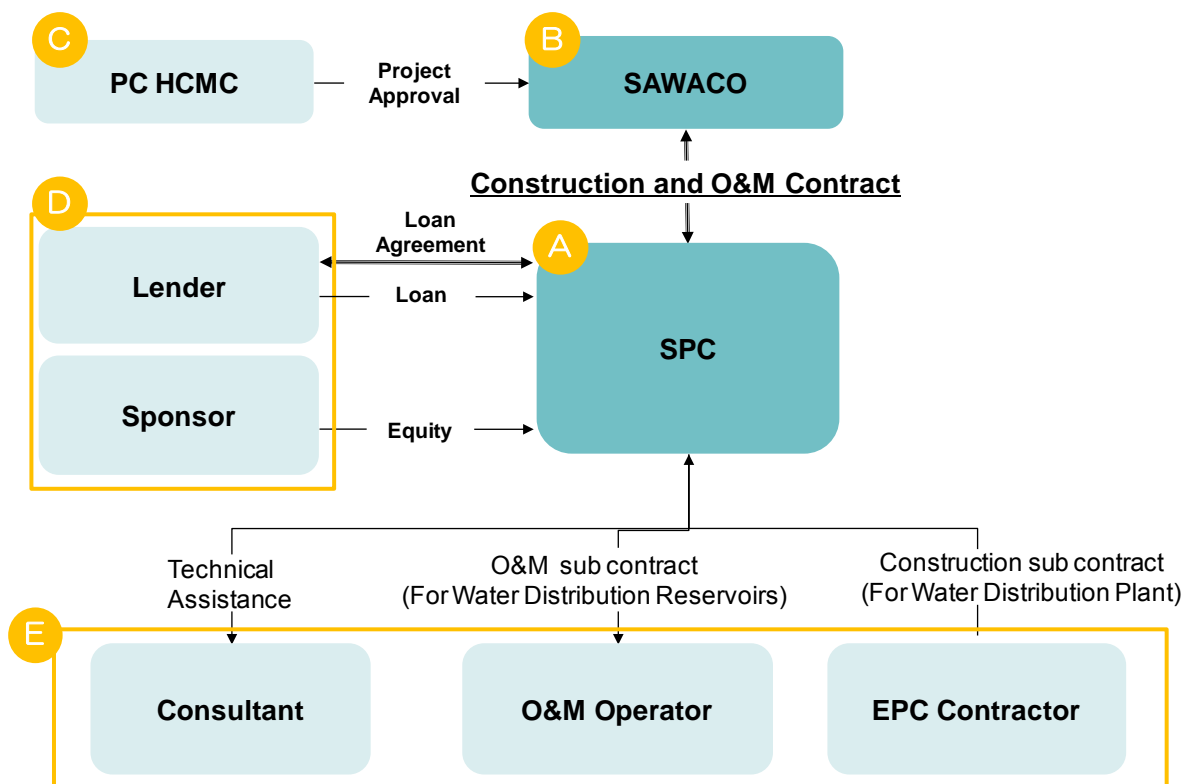


図 4-2-4 各関連当事者の相関関係および契約スキーム

4-3. リスク分析

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。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当該リスクを負う構造とすることが重要である。

上記の考え方にに基づき、本事業において想定されるリスクと、その分担策、及び当事者それぞれが対応すべきと考えられる事項を、案として下表に示す。

表 4-3-1. リスク分析

		SAWACO	SPC	リスク回避のために SAWACO が取るべき行動	リスク回避のために SPC が取るべき行動
共通	Force Majeure	○			
	金利変動		○		<ul style="list-style-type: none"> ・固定金利による借入 ・変動金利+金利スワップ
	契約締結遅延	○ (SAWACO 帰責)	○ (SPC 帰責)		
	税制変更	○			
	法律変更	○			
	政策変更	○			
	資金調達		○		
	兌換（両替）リスク		○		<ul style="list-style-type: none"> ・収入通貨と支払通貨の統一 ・収入通貨と支払い通貨を統一出来ない場合には、支払いに余裕をもたせた収支スケジュールとするか、もしくはリザーブを多めに積む ・現地金融機関を介した 2 ステップローンであれば回避可能

		SAWACO	SPC	リスク回避のために SAWACO が取るべき行動	リスク回避のために SPC が取るべき行動
	スポンサーの債務不履行		○		
	発注者の債務不履行（許認可遅延、支払遅延）	○			
	SPC の債務不履行（要求水準未達等）		○		
	スポンサー間の紛争		○		株主間協定による規定
	労働者のストライキ		○		
	第三者賠償		○		第三者賠償責任保険
	個人情報漏洩		○		個人情報漏洩保険
EPC	収用リスク	○			
	完工リスク		○		
	EPC コスト増加	○ (発注者帰責)	○ (SPC 帰責)		
	為替変動(EPC コスト)		○		
	物価変動 (EPC コスト)		○		
O&M	人件費上昇(物価・為替変動以外)	○			
	電力費上昇(物価・為替変動以外)	○			
	薬品費上昇(物価・為替変動以外)	○			
	為替変動 (Capex 回収分)	○		<ul style="list-style-type: none"> ・ SPC の支出通貨建てでの支払い ・ 為替連動払い (Payment formula に為替変動を加味) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収入通貨建てでの借入 (可能であれば)

		SAWACO	SPC	リスク回避のために SAWACO が取るべき行動	リスク回避のために SPC が取るべき行動
				する)	
	為替変動(O&M コスト)	○		・ SPC の支出通貨建てでの支払い ・ 為替連動払い (Payment formula に為替変動を加味する)	
	物価変動 (O&M コスト)	○		・ 物価連動払い (Payment formula に物価変動を加味する)	
	浄水場のオペレーションミスによる水圧・水量低下、水質悪化	○			
	需要変動によるコスト変動	○ (需要増の場合のコスト増)	△変動費のみ (需要減の場合の収入減)		
	電力供給		○		
	薬品供給		○		
	技術リスク		○		
	環境リスク	○			
終了	為替変動 (資本金償還、配当)		スポンサー		

4-4. 財務的実現可能性の検討

4-4-1 PPP 事業化検討アプローチ

本事業を PPP 事業として実施することを検討するにあたって、下記のアプローチで検討を行った。



図 4-4-1 PPP 事業化検討アプローチ

● 社会的意義

まず第1に、本調査において検討中の事業が、ホーチミン市における社会的問題点の解決策となりうるかについて検討が必要である。第2章で記載したように、ホーチミン市においては、南部地域における水圧の低下とそれに伴う水質の悪化という問題が発生しており、改善を要する状態にある。本調査は、この問題の解決を目的とするものであり、MasterPlan が掲げる目標達成にも資するものであることから社会的意義があることが確認されている。

● 経済性

第2に、本調査において検討中の事業の実施が、他の代替的手法（浄水場の新設、配管の拡張 etc）と比較して経済的であるかについての検討が必要である。この点については、第2章で述べたように、水圧の低下とそれに伴う水質の悪化という問題を解決するための方策として、配水場の設置以外にも、浄水場の新設、配管の整備・拡張などの方法が考えられる。このうち、浄水場の建設を実施した場合には配水場設置以上の費用がかかることが想定されており、また、配管の整備・拡張についても、本調査において検討中の事業における対象地域の水圧および水質を改善するためには配水

場の設置と比して多大なコストを要することが想定される。よって、配水場の設置という方法は、他の代替的手法と比較して経済性を有すると考えられる。

● 法的・財務的実現可能性

最後に、本調査において検討中の事業の実施が、官（発注者）および民（受注者）双方にとって、法的・財務的実現可能性を有しているかについての検討が必要である。本調査において検討中の事業が事業として成立するためには、法的・財務的に実施可能でなければならない。法的・財務的な実現可能性の検討に際しては、官（発注者）および民（受注者）双方の視点から、実現可能性を著しく阻害する要因は無いのか、複数の手法が想定される場合においては、財務的、法的、その他要因を総合的に勘案し、望ましい手法はいずれかについて検討する必要がある。特に財務面においては、PPPで事業を実施する場合には事業実施主体の財務的実現可能性と、発注者たる SAWACO の財務的実現可能性の検証が必要になる。事項では、財務的実現可能性について、試算を行うことにより検討を実施する。

4-4-2 前提条件の整理

試算にあたっては、本報告書にてこれまで述べた検討内容を踏まえ、SAWACO との協議のもとでさらに一部一定の仮定を置き、各種前提条件を下表のとおり設定した。

表 4-4-1 前提条件

Assumption	
PPP Scheme	BOT or BOO
Scope of Work of SPC	<ul style="list-style-type: none"> • Construction of Distribution Reservoir • Operation of Distribution Reservoir • Maintenance of Distribution Reservoir • Control of Water flow and water pressure in distribution area • Readjustment of distribution Plan (only Planning) • Order of supply water from WTP (only Planning)
Location	Tan Son Nhat
Distribution service area	Tan Son Nhat Water Distribution Plant Distribution Area
Assumed Population	681,000
Capacity of Reservoir	Water Reservoir 36,000 m ³ Pumping Station 275,000 m ³ day

Project period	22 Years
Construction Period	2 Years
Operating Period	20 Years
Project Cost	283 VND Billion (Including Interest during Construction Phase)
Financing	
Debt:Equity	Debt 70% (198 VND Billion) Equity 30% (85 VND Billion)
Debt Facility	VND Loan
Repayment	Principal Equal
Interest Rate	13% (Base Rate & Spread) ※Fixed Rate
Target EIRR(Dividend)	12%
Limitation on Dividend	<ul style="list-style-type: none"> • Less than Retained Earnings • Less than Cash ※dividends are paid out only if profits is generated
Income Tax Rate	Fiscal year 1st to 4th 0% 5th to 9th 5% 10th to 15th 10% after 16th 25%
Payment Formula	Project Cost + Margin
Currency	VND
Inflation / Fluctuation of Exchange Rate	exclude
Fluctuation of Operating Cost	exclude
Working Capital	exclude

4-4-3 キャッシュフロー分析

● SPC の予測キャッシュフローの分析

ア) 初期投資に係る資金調達と資金運用の関係

下表は、初期投資に係る資金調達と資金運用の関係を示している。建設費、建設期間中の借入に係る金利、およびその他金融費用等の 70%を借入金で賄い、残り 30%を資本金で賄うことを想定している。

表 4-4-2 初期投資に係る資金調達と資金運用の関係

Initial Investment (Summary)

Cash Out		Cash In		VND Billion
Construction Cost	231	Loan		198
Interest during Construction	7			
Other	45	Equity		85
Total	283	Total		283

イ) 事業期間を通した収入と支出の関係

下表は、事業期間通期の収入と支出の関係を示している。運営費、SPC 費用、初期投資額を賄うために調達した借入金の返済とそれに伴う利息の支払い、法人税、投資家への配当の支払いと出資額の償還を賄うことができる金額が、収入 (SAWACO から
の支払い額) として計上されている。

表 4-4-3 事業期間通期の収入と支出

Total of Project Period (Summary)

Cash Out		Cash In		VND Billion
Operating Cost	651	Revenue		1,634
SPC Cost	22			
Loan Principle	198			
Loan Interest	263			
Income Tax	75			
Dividend	340			
Redemption of stock	85			
Total	1,634	Total		1,634

ウ) 各種財務指標

試算結果における各種財務指標は下記の通りとなった。

PIRR	16.35%
EIRR(Dividend)	12.00%
Min DSCR	1.71
Ave DSCR	2.00

- PIRR : Project Internal Rate of Return の略であり、プロジェクト全体の投資利益率を表す。設備投資額と、税引後営業キャッシュフローが等しくなる割引率と定義される。資金調達手法の影響を受けない、事業そのものの採算性を検討するための指標である。
- EIRR(Dividend) : Equity Internal Rate of Return の略であり、株主にとっての投資利益率を表す。出資額と、配当金(出資償還金含む)が等しくなる割引率と定義される。
- DSCR : Debt Service Coverage Ratio の略であり、借入金の返済期間における毎期の単年度の元利返済前キャッシュフローが、毎期の元利返済額の何倍であるかを表す。事業により生み出されたキャッシュフローの元利返済に対する余裕度を見る指標。Min(Minimum) DSCR は、返済期間における DSCR の最小値を表し、Ave(Average) DSCR は、返済期間における DSCR の平均値を表す。

エ) SPC の予測キャッシュフロー詳細
詳細は下表のとおりである。

表 4-4-4 SPC のキャッシュフロー

VND Billion		Fiscal year Operating year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	-	
			-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Profit and Loss		Total																								
1	Revenue	2+3+(-d)+(-j)+(-k)+l	1,634	-	-	102	92	91	90	88	87	86	84	83	82	81	79	78	77	76	74	73	72	70	69	-
2	Operating Expenses		651	-	-	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	-
3	SPC Cost		22	-	-	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
4	Depreciation		283	-	-	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Operating Profit	1-2-3-4	678	-	-	32	31	29	28	27	25	24	23	22	20	47	46	45	44	42	41	40	38	37	36	-
6	Interest		263	-	-	25	24	23	21	20	19	18	16	15	14	13	11	10	9	7	6	5	4	2	1	-
7	Profit before Tax	5+6	415	-	-	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	35	35	35	35	35	35	35	35	35	-	
8	Income Tax		75	-	-	-	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	-	
9	Profit after Tax	7+8	340	-	-	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	31	31	31	26	26	26	26	26	26	-	
Cash Flow		Total																								
a	Profit before Tax	7	415	-	-	7	7	7	7	7	7	7	7	7	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	-	
b	Depreciation	4	283	-	-	28	28	28	28	28	28	28	28	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
c	Interest	6	263	-	-	25	24	23	21	20	19	18	16	15	14	13	11	10	9	7	6	5	4	2	1	-
d	Income Tax	iv of Last Year	▲75	-	-	-	-	-	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
e	Operating Cash flow	a+b+c+d	886	-	-	60	59	58	56	55	53	52	51	49	48	47	43	41	40	34	32	31	30	28	27	▲9
f	Capital Expenditure		▲283	▲138	▲145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
g	Share issue		85	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h	Borrowing		198	53	145	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
i	Available cash for debt service	e+f+g+h	886	-	-	60	59	58	56	55	53	52	51	49	48	47	43	41	40	34	32	31	30	28	27	▲9
j	Principal Repayment		▲198	-	-	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	-
k	Interest	6	▲263	-	-	▲25	▲24	▲23	▲21	▲20	▲19	▲18	▲16	▲15	▲14	▲13	▲11	▲10	▲9	▲7	▲6	▲5	▲4	▲2	▲1	-
l	Available cash for dividend	i+j+k	425	-	-	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	22	22	22	22	16	16	16	16	16	16	▲9
m	Dividend		▲340	-	-	▲7	▲7	▲6	▲6	▲6	▲6	▲6	▲6	▲6	▲6	▲31	▲31	▲31	▲26	▲26	▲26	▲26	▲26	▲26	▲26	-
n	Redemption of stock		▲85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	▲85
o	Net Cash flow	i+m+n	▲	-	-	18	18	19	18	18	18	18	19	18	18	▲7	▲10	▲10	▲5	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲94
Balance Sheet																										
i	Cash and Cash equivalents	Accumulated of o	-	-	18	37	56	74	92	111	129	148	166	185	178	168	158	153	143	133	123	113	104	94	-	
ii	Fixed Asset	Accumulated of ((-f)-4)	138	283	255	227	198	170	142	113	85	57	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
iii	Total Asset	i + ii	138	283	273	263	254	244	234	224	214	205	195	185	178	168	158	153	143	133	123	113	104	94	-	
iv	Accrued Tax	8	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	3	9	9	9	9	9	9	9	-	
v	Loan	Accumulated of (h -(-j))	53	198	188	178	168	159	149	139	129	119	109	99	89	79	69	59	50	40	30	20	10	-	-	
vi	Total Liability	iv + v	53	198	188	178	169	159	149	139	129	120	110	100	93	83	73	68	58	48	38	29	19	9	-	
vii	Equity	Accumulated of (g-(-n))	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	-	
viii	Retained Earnings	Accumulated of (9 -m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ix	Net Asset	vii +viii	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	-	
x	Total Liability and Net Asset	vi + ix	138	283	273	263	254	244	234	224	214	205	195	185	178	168	158	153	143	133	123	113	104	94	-	
	Balance	x - iii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

EIRR(Dividend)

12.00%

オ) SAWACO の要支払額

下の図は、各運営年度の SPC の収入 (=SAWACO の要支払額) の年度ごとの内訳を示したものである(16 ページの SPC の予測キャッシュフロー詳細における「1.Revenue」と対応)各年度の SPC の収入は、SPC でかかるコスト (税金を含む) に対し SPC の株主の要求リターンを充たすだけのマージンを上乗せした額として算出している。

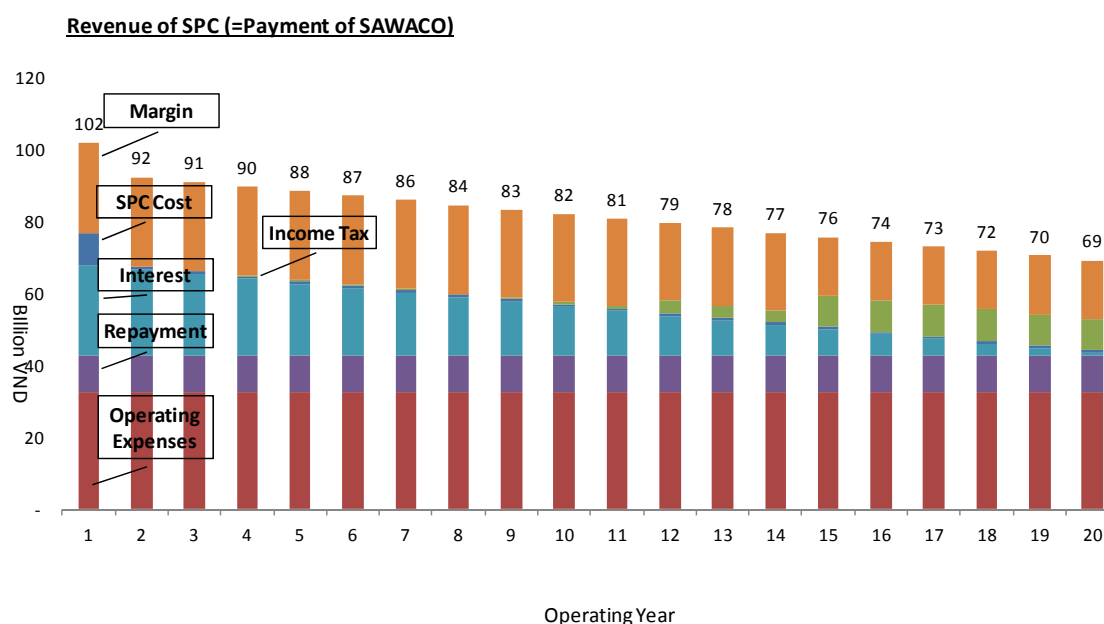


図 4-4-2 SPC の収入の内訳

上図でもわかるように、本試算結果における SAWACO からの要支払額は、運営開始 1 年目が最も高く 102 Billion VND となっており、その後期間を経るごとに逡減する構造となる。この原因として、以下の 2 つが挙げられる。

- ①コストに上乗せするマージン(税引前)を毎期定額としていること
- ③コストの構成要素である借入金の返済の方法として、元金均等返済を想定しているため、初年度における支払利息の支出額が一番大きく、事業期間を経るごとに逡減してこと

(参考) SAWACO の要支払額の平準化策

初期の支払い額が最も大きく、その後事業期間を経るごとに逡減する支出構造が、SAWACO にとって望ましい支出構造であるかについて、十分な検討が必要であると思料される。今後人口が増加するにつれて収入の増加が見込まれるのであれば、その収入の推移に合わせた支出スケジュールが望ましく、少なくとも支出を平準化するべきであるとも考えられる。具体策として、下記の 2 つが挙げられる。

- ①SPC のマージンではなく SPC の支出額 (SAWACO への支払額) を毎期一定とする

②SPCによる借入の返済方法を元利均等返済とする

本検討においては、上記「①SPCの支出額を每期一定とする」方法にて試算を行うこととする。試算結果は、次ページの表のとおりとなり、SAWACOからの支払いが每期平準化される代わりに、総支払額が増加する結果となった。

表 4-4-5 SAWACO のキャッシュフロー

VND Billion	Fiscal year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	-
	Operating year	-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20
Profit and Loss																								
	Total																							
1	Revenue	2+3+(-d)+(j)+(-k)+l	1,904	-	-	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	-
2	Operating Expenses		651	-	-	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	-
3	SPC Cost		22	-	-	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
4	Depreciation		283	-	-	28	28	28	28	28	28	28	28	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Operating Profit	1-2-3-4	947	-	-	25	34	34	34	34	34	34	34	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	-
6	Interest		263	-	-	25	24	23	21	20	19	18	16	15	14	13	11	10	9	7	6	5	4	2
7	Profit before Tax	5+6	685	-	-	-	10	11	12	13	15	16	17	19	20	49	51	52	53	55	56	57	58	60
8	Income Tax		124	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2	2	2	5	5	5	13	14	14	14	15	15
9	Profit after Tax	7+8	560	-	-	-	10	10	12	13	14	15	16	17	18	44	46	47	40	41	42	43	44	45
Cash Flow																								
	Total																							
a	Profit before Tax	7	685	-	-	-	10	11	12	13	15	16	17	19	20	49	51	52	53	55	56	57	58	60
b	Depreciation	4	283	-	-	28	28	28	28	28	28	28	28	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
c	Interest	6	263	-	-	25	24	23	21	20	19	18	16	15	14	13	11	10	9	7	6	5	4	2
d	Income Tax	iv of Last Year	▲124	-	-	-	-	▲1	▲1	▲1	▲1	▲1	▲2	▲2	▲2	▲5	▲5	▲5	▲13	▲14	▲14	▲14	▲15	▲15
e	Operating Cash flow	a+b+c+d	1,106	-	-	54	62	62	61	61	61	61	60	60	60	57	57	57	49	48	48	48	47	47
f	Capital Expenditure		▲283	▲138	▲145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
g	Share issue		85	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h	Borrowing		198	53	145	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
i	Available cash for debt service	e+f+g+h	1,106	-	-	54	62	62	61	61	61	61	60	60	60	57	57	57	49	48	48	48	47	47
j	Principal Repayment		▲198	-	-	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10
k	Interest	6	▲263	-	-	▲25	▲24	▲23	▲21	▲20	▲19	▲18	▲16	▲15	▲14	▲13	▲11	▲10	▲9	▲7	▲6	▲5	▲4	▲2
l	Available cash for dividend	i+j+k	645	-	-	18	28	29	30	31	32	34	35	35	36	38	36	37	38	31	32	33	34	35
m	Dividend		▲560	-	-	▲10	▲10	▲12	▲13	▲14	▲15	▲16	▲17	▲18	▲18	▲44	▲46	▲47	▲40	▲41	▲42	▲43	▲44	▲45
n	Redemption of stock		▲85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	▲85
o	Net Cash flow	i+m+n	▲	-	-	18	18	19	18	18	18	18	19	19	19	▲7	▲10	▲10	▲2	▲10	▲10	▲10	▲10	▲10
Balance Sheet																								
i	Cash and Cash equivalents	Accumulated of o	-	-	18	37	56	74	93	111	130	149	167	186	179	169	160	158	148	139	129	119	110	100
ii	Fixed Asset	Accumulated of ((f)-4)	138	283	255	227	198	170	142	113	85	57	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
iii	Total Asset	i + ii	138	283	273	263	254	244	234	224	215	206	196	186	179	169	160	158	148	139	129	119	110	100
iv	Accrued Tax	8	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2	2	2	5	5	5	13	14	14	14	15	15	-
v	Loan	Accumulated of (h -(j))	53	198	188	178	168	159	149	139	129	119	109	99	89	79	69	59	50	40	30	20	10	-
vi	Total Liability	iv + v	53	198	188	178	169	159	149	139	130	121	111	101	94	84	75	73	63	54	44	34	25	15
vii	Equity	Accumulated of (g-(-n))	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
viii	Retained Earnings	Accumulated of (9 -m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ix	Net Asset	vii+viii	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
x	Total Liability and Net Asset	vi + ix	138	283	273	263	254	244	234	224	215	206	196	186	179	169	160	158	148	139	129	119	110	100
	Balance	x - iii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
	EIRR(Dividend)																							16.39%

● 経済的便益の分析

➤ 本事業実施により水道利用者が享受する経済的便益の考え方

本事業実施により想定される主な効果は、①水圧の改善、②水質の改善であると思料される。このうち、「①水圧の改善」が図られることにより、水圧が改善する地域の水道利用者は、経済的便益を享受するものと思料される。現状、水圧が低いがために、配水対象地域ではほぼ全ての家庭において、配水管から水を汲み上げる電動ポンプ、および汲み上げた水を貯めるためのタンクを設置しており、水圧が改善した場合には、これらの機器は不要となり、これらの機器にかかる費用が不要となることが想定される。

➤ 本事業実施により水道利用者が享受する経済的便益の試算方法

本事業の実施期間である 20 年間における、一世帯当たりの下記(a)～(d)の費用を試算し、その合計(e)を想定される世帯数(f)に乘じることにより、本事業を実施することにより配水対象地域の家庭において 20 年間で節約することができるであろう費用の合計(g)を試算した。各項目の算出方法は下記の通りである。

※ () 内は次ページ表内の記号と対応

➤ a.タンク購入費用

①タンクの容量と数量

ホーチミン市内のタンク販売店へのヒアリングに基づき、一般的な家庭におけるタンク容量である 1,500L が 2 つと仮定。

②タンクの価格

ホーチミン市内のタンク販売店へのヒアリングに基づき、1,500L のタンク 1 個につき、3,800,000VND と仮定。

③タンクの更新頻度

ホーチミン市内のタンク販売店へのヒアリングに基づき、一般的なタンクの耐用年数である 10 年経過する毎に買い替えを実施するものと仮定。

➤ b.ポンプ購入費用

①ポンプの性能

ホーチミン市内のポンプ販売店へのヒアリングに基づき、一般的な家庭におけるポンプ性能である、電力量 750w/hour、汲み上げ量 100L/minutes と仮定。

②ポンプの価格

ホーチミン市内のポンプ販売店へのヒアリングに基づき、1,500,000VND と仮定。

③ポンプの更新頻度

ホーチミン市内のポンプ販売店へのヒアリングに基づき、一般的なポンプの耐用年数である5年経過する毎に買い替えを実施するものと仮定。

➤ c. タンク及びポンプの設置費用

ホーチミン市内のポンプ販売店へのヒアリングに基づき、1,000,000VND と仮定。

➤ d. ポンプ運用に係る電気代

① 一人当たり使用水量

マスタープランの予測値を参考とし、1日160Lと仮定。

② 一世帯あたり人数

一世帯あたり5人と仮定。

③ 電気料金単価

JETROによる公表値を参照し、1,092.3VND/kwhと仮定。

➤ f. 想定される配水対象地域の世帯数

マスタープランにおける、配水対象地域の推定将来人口である681,000人を、1家庭あたりの想定人数5人で除すことにより算出。

● 経済的便益の試算結果

本事業を実施することにより配水対象地域の家庭において20年間で節約することができる費用の合計は、3,268 VND Billion(g)と試算された。この試算結果からは、本事業を実施することによりSAWACOからSPCに支払われる20年間の費用合計である1,634 VND Billion(h)を大幅に上回る便益を、水道利用者が享受するであろうことが伺える。換言すると、仮に当該事業コスト1,634 VND Billion(h)を水道料金に転嫁したとしても、水道利用者は有り余る便益(i)を享受することになる。

表 4-4-6 費用便益

Analysis of Benefits of the User

	Cost (VND)	Useful Days (Years)	Cost/Year (VND)	Total Cost of 20Years(VND)	Remarks
a Tank	7,600,000	10	760,000	15,200,000	Spec:1,500L × 2
b Pumping System	1,500,000	5	300,000	6,000,000	Spec: 750w/hour(※1) 100L/minites(※2)
c Installation Cost	1,000,000	10	100,000	2,000,000	
d Electricity Cost	39,869	-	39,869	797,379	(160L(※3) × 5 × 365days ÷ 100L(※2)) ÷ 60Minites × 750w(※1) ÷ 1000 × 1092.3VND/kwh(※4)
e Total	10,139,869		1,199,869	23,997,379	
f Number of Household			136,200	136,200	•Population is based on Master Plan (681,000) •5People/Household
g Benefits of the User	e × f		163	3,268	Billion VND
h PPP Project Cost				1,634	Billion VND
i Difference	g-h			1,634	Billion VND

● SAWACO の予測キャッシュフローの分析

SAWACO の予測キャッシュフローを試算することにより、前出の SAWACO の要支払額が、SAWACO にとって支払い可能であるかについて検討した。

➤ 試算の前提条件

SAWACO の予測キャッシュフローの試算にあたっては、一部必要な情報を入手できたが、全ての必要な情報を入手できたわけではないため、一定の仮定を置いた。各種前提条件と設定内容、及び根拠は下表の通りである。

表 参考-1 SAWACO の予測キャッシュフローの前提条件

Assumption	Setting	Source
Water Consumption	As a table below	by SAWACO
Water Tariff	As a table below	by SAWACO
Gross Margin Rate	40.83%	SAWACO's Track Record in 2008 (excluding Depreciation and Interest)
Amount of Capital Expenditure	3,500 USD Million → 72,958 VND (VND/USD=20,845)	Report by ADB
Schedule of Capital Expenditure & Funding for Capital Expenditure	As a table below	Based on the Assumption
Financing	Loan 70% : Other 30%	Based on the Assumption

➤ 試算結果および留意事項

前述の前提条件を元にした試算の結果は下表のとおりである。毎期の Net Cash Flow によって本事業にかかる SPC への支払いを十分に賄えることが伺える。ただし、本試算は極めて限定的な情報のもと多くの仮定を置いてなされたものであるため、現時点ではあくまで参考としかならない点に留意が必要である。

表 参考-2 SAWACO の予測キャッシュフロー

Summary Pro-forma Cash Flow of SAWACO

VND Billion	Fiscal year	2,015	2,016	2,017	2,018	2,019	2,020	2,021	2,022	2,023	2,024	2,025	2,026	2,027	2,028	2,029	2,030
a)Water Consumption	Cum Million	404	429	456	482	510	538	566	595	625	655	686	686	686	686	686	686
b)Water Tariff	VND/cum #	9,917	10,909	12,000	13,200	13,860	14,553	15,280	16,044	16,847	16,847	16,847	16,847	16,847	16,847	16,847	16,847
Water Sales	a × b	4,004	4,684	5,466	6,366	7,063	7,823	8,649	9,549	10,526	11,036	11,556	11,556	11,556	11,556	11,556	11,556
Operating Expenses		▲2,369	▲2,771	▲3,234	▲3,767	▲4,179	▲4,629	▲5,118	▲5,650	▲6,228	▲6,530	▲6,838	▲6,838	▲6,838	▲6,838	▲6,838	▲6,838
Operating Cash Flow	41%	1,635	1,912	2,232	2,599	2,884	3,194	3,532	3,899	4,298	4,506	4,718	4,718	4,718	4,718	4,718	4,718
Capex Schedule		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%						
Capex		▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	▲7,296	-	-	-	-	-	-
Borrowing	70%	5,107	5,107	5,107	5,107	5,107	5,107	5,107	5,107	5,107	5,107	-	-	-	-	-	-
Other Financing	30%	2,189	2,189	2,189	2,189	2,189	2,189	2,189	2,189	2,189	2,189	-	-	-	-	-	-
Repayment		-	▲255	▲511	▲766	▲1,021	▲1,277	▲1,532	▲1,787	▲2,043	▲2,298	▲2,298	▲2,298	▲2,298	▲2,298	▲2,298	▲2,298
Interest(New Loan)		-	▲204	▲398	▲582	▲756	▲919	▲1,072	▲1,215	▲1,348	▲1,471	▲1,379	▲1,287	▲1,195	▲1,103	▲1,011	▲919
Interest(Existing loan)		▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76	▲76
Net Cash Flow		1,559	1,377	1,247	1,175	1,030	922	851	820	831	661	965	1,057	1,149	1,241	1,333	1,425

第5章 技術移転

5-1. 目的

本調査においては、SAWACO からの要望に基づき、次の5つの分野に関する本邦研修を行った。

- 無収水削減
- 配水システムの運営管理
- 配水管網の水理解析
- 配水システムの更新・拡張計画
- 人材育成と研修機関

本研修では、特に、SAWACO では未導入のため馴染みのない「配水池の設置を含む配水コントロールシステム」について、日本の水道事業における運営・維持管理の状況、必要となる施設整備などについて研修を行い、SAWACO の理解を深め、研修後のプロジェクトが効果的に進められるよう図るものとした。また、現在 SAWACO において検討段階にある、職員の技術能力の維持向上のための研修センター構想を支援するため、「人材育成と研修機関」に関する研修も、あわせて実施した。

5-2. 研修内容

5-2-1 コース概要

- コース名称 ベトナム 配水システム及び人材育成
- 研修期間 2013年1月21日（月）～2月2日（土）
- 研修員人数 SAWACO 職員4名

5-2-2 研修内容

研修の日程表及び内容については、表 5-2-1 のとおり。

表 5-2-1 研修日程及び研修内容

日付		内容	場所
1月21日	月	日本着	
1月22日	火	AM,PM オリエンテーション、ブリーフィング等	JICA関西
1月23日	水	AM 表敬訪問、大阪市水道局の概要	大阪市水道局
		PM 配水施設の運用	
1月24日	木	AM 配水ネットワークの維持管理	大阪市水道局
		PM 施設整備計画	
1月25日	金	AM 移動(大阪→東京)	
		PM 水運用センター及び研修・開発センター視察	
1月26日	土	AM 都内視察	東京都内
		PM 移動(東京→大阪)	
1月27日	日	AM 琵琶湖取水施設(琵琶湖疏水)視察	大津市内
		PM 琵琶湖疏水記念館視察	京都市内
1月28日	月	AM ISO22000	大阪市水道局
		PM 体験型研修センターの概要	
1月29日	火	AM 配水管理	大阪市水道局
		PM 配水管理、柴島浄水場内視察	
1月30日	水	AM 漏水対策	大阪市水道局
		PM 施工管理	
1月31日	木	AM 体験型研修センター視察、人材開発	大阪市水道局
		PM 人材開発	
2月1日	金	AM ディスカッション／総括ミーティング	大阪市水道局
		PM 評価会、閉講式、意見交換会	JICA関西
2月2日	土	日本発	

5-3. 研修成果

- 無収水削減
 - 大阪市の経験を通じた無収水削減の基本的技術の理解
 - 体験型研修センターを活用した研修
- 配水システムの運営管理
 - 配水施設の日常的な運転管理に関する理解
 - 運転管理する配水施設での実務視察（東京都水道局への視察を含む）
- 配水管網の水理解析
 - 一般的な水理解析に関する理解
 - 水理解析の日常業務における応用に関する理解
 - EPANET2.0に関する理解
- 配水システムの更新・拡張計画
 - 水道施設拡張事業に関する理解

- 配水施設整備計画の立案・実施に関する理解

- 人材育成と研修機関
 - 人材育成の取組みに関する理解
 - 体験型研修センターの整備と運用に関する理解
 - 体験型研修センターの視察（東京都水道局への視察を含む）

第6章 結論

本調査における検討結果について、まとめたものを以下に記載する。

6-1. 新規水源開発

● 取水可能性の検討

▶ 水利権と水量

本調査の結果、将来需要から導き出される新規水源開発に求められる水量は、それぞれ Tri An 貯水池で 2,475,000m³/day、Dau Tieng 貯水池で 990,000m³/day となる。

これを踏まえ、水利権に基づく取水可能性について検討した結果、Tri An 貯水池については、年間の平均放流量（約 475m³/s）のほとんどが発電に利用されている現状、最高効率での発電を行うと仮定すると、この新規水源開発によって、年間最大で 6%程度の発電量の減少をもたらすと推定された。計画実施においては、この影響度合いについて、電力関係機関との協議が必要である。

一方で、DauTieng 貯水池については、農業用水等の利水者である周辺の地方政府との協議が重要であるものの、上記水量面からは、今回の新規水源開発量が貯水池の水位変動（HWL～LWL）に与える影響は、軽微であることから、今回の新規水源開発量の確保は十分可能である。

▶ 水質面

Tri An 貯水池の水質は、QCVN08:2008/BTNMT（A2 類型）を満足しており良好であった。また、将来的に貯水池水質に影響を与えるような、周辺の開発計画も現時点ではない。

一方で、Dau Tieng 貯水池については、周辺の農業、畜産排水流入の影響を受けて有機物による汚濁が見られ、浄水処理方法において、将来期待される水道水質への対応を考慮する必要があるが、水道水源としての利用は十分に可能である。

● 取水地点の検討

本調査では現地視察、並びに既存資料の入手・活用により検討を行った。

結論として、Tri An 貯水池については、水質状況について地点ごとの差異が少ないことから、貯水池の下流側（南西部）2か所を候補とし、さらに工事施工性、並びに導水ルートとの位置関係から、Dong Nai 川左岸に近いポイントを取水候補地とした。

また Dau Tieng 貯水池についても同様に、地点ごとの差異が少なかったことから、貯水池の下流側（南端部）2か所を候補としたが、工事施工性、並びに導水ルートへの制

約を踏まえても優劣に差がないことから、両地点どちらも採用可能とした。

● 取水方式

本調査では、将来需要に基づく取水量を目標条件として、3つの方式による整備案の検討をおこなった。

結論として、技術的観点から「湖底取水管方式」は構造上の制約、ならびにメンテナンス性の観点から実現化は困難であるものの、「取水口方式」、並びに「取水塔＋Conduit」方式の2つについては、十分実現可能であると判断した。

● 導水ルート

導水ルート検討に際しては、複数のルート案を検討、作成し、その評価を行った。

作成された複数の導水ルート案について、定性評価（評価項目を交通状況、道路状況、住宅状況）、定量評価（評価項目を導水管総延長、河川横断箇所、道路横断箇所、軌道横断箇所、ポンプ場箇所数、概算工事費、維持管理費）を行った。

結論として、特に導水距離、施工容易性（交通事情、スペース）、並びに事業費を重視して、Tri An 貯水池からのルートについては2案、Dau Tieng 貯水池からのルートについては、1案の抽出を行った。

● 整備計画

評価抽出した取水地点、並びに導水ルート案を基に2025年を想定し、浄水場の増設計画を踏まえ、整備計画の立案を行った。

実施スケジュールの検討にあたっては、ホーチミン市給水マスタープランにより示されている2025年へ向けた将来想定需要、ならびに浄水場拡張計画の予定時期に合わせて検討を行った結果、非常にタイトなスケジュールとなっている。さらに計画実施にあたり、想定される課題は以下の通りである。

- プロジェクト許認可にかかる手続きの迅速化
- 実施設計等の先行実施
- 大口径管の調達及び現場搬入
- 分割施工の実施等による工期短縮（現地施工業者の育成を含む） など

6-2. 配水システムの検討

配水システム検討では、現存する上水道マスタープランに提案される将来管網についてレビューを実施し、問題点の抽出、課題提起を行いつつ、ホーチミン上水道の目

指す将来像について定義し、それを実現するための最適な配水管網案の提案を行った。

- **水圧条件の設定**

本調査では、将来管網検討の目標条件として、水圧レベルの確保を第一とした。その結論として、顧客メータにおいて10m+G.L.以上を確保するというベトナム建設省令の条件を満たしつつ、他国の事例、並びに目指すべきサービスレベルのイメージから、この目標水圧条件の設定を2級管の末端において、20m+G.L.として設定を行った。

- **需要設定と時間変動設定**

検討における与条件として最も重要な要素である将来需要予測においては、現存する上水道マスタープランにおける、生活用、工場用、公共用、業務営業用、非居住者用という5つの用途に分けた需要予測値を採用し、それぞれに対し時間変動の概念を適用してこれを条件設定とした。

結論として本調査の検討においては、水需要の時間変動=1.3として設定した。

- **配水モデルの配水区域の設定**

配水圧のバランスを確保しながらコントロールするためには、配水区域を適切に設定し、さらに配水ポンプ場あるいは配水場を適切に設置していくことが重要である。

本調査では、定性面からのアプローチにて、3、4、7つに区分けする案について検討を行い、7区域案がベストであるとの方向性付けを行った。

- **配水モデルの配水池設定**

将来管網検討においては、浄水場からの送水を受け、受け持つ配水区域の水需要の変動に応じた配水を行うためのバッファ機能を持つ配水池が必要となる。

一方で、配水池設定においては、その検討要素としては、時間変動調整容量、非常時対応容量を勘案が必要となるが、本調査の検討結果として、それぞれ2.1時間分、1時間以上確保することを最低条件としてセットし、結果として、各配水地の設定においては、配水場が管理する配水区域に対し、その計画一日配水量の平均値の4時間分を確保するよう、設定することとした。

- **配水モデルの検討と評価**

また設定需要を前提とし、目標水圧を確保する配水管網案について、検討を行った。各管網モデルの作成に行い、最終的に以下の要素について検討を行った。

- 実現可能性（水理条件の範囲内における水量、水圧コントロールの技術的な実現可能性）

- 水圧バランス（漏水改善への貢献）
- 末端までの流達時間（残留塩素濃度の確保など水質面でのサービスレベル）
- 省エネルギー
- 整備費用（配水区域設定に伴って必要となる配水場整備あるいは基幹管路整備）

この方向性を踏まえ、そのベースとして配管網整備による管網整備か、配水池による管網整備かの基本方針を決定するために、管網整備のみによる配水区域案（3区域案：Alternative A）、配水池の整備を伴う配水区域案（4区域案：Alternative B）を作成し、管網解析により比較検討を実施した。

結論として、制御性、並びに水圧の充足度を考慮し、Alternative B の4区域案をベースに将来管網をさらに詳細化（Alternative C、D1～D3）し、その改善効果を管網景観の結果から評価・検討を行い、D2案をベースにした7区域+5配水場整備案を、最適将来管網計画として提案を行った。

● 配水施設整備のロードマップの検討

将来管網モデル案を踏まえ、その具体的な整備計画について、実現化ロードマップとして検討をおこなった。

結果として、ホーチミン市を City Central、Noth、South、West の4つに区分けし、段階的に整備を行っていく案の提示を行い、なかでも、City Central は最重要地域として考え、この地域の整備を最優先とする、整備計画の立案を行った。

● 事業化検討

将来管網改善において、最優先となる City Central 地域の構成要素である1つの配水領域に関し、実際に事業実施段階を想定して、広義の PPP 方式を活用した事業性の検討を行った。

具体的には、配水場設置地域を Tan Son Nhat 付近で設定し、主として市内中心部に水を供給する配水対象地域を対象とした検討を行った。

結果として、その事業性を判断するに当たって、総事業コスト、ファイナンス費用、並びに事業主体となる SPC の収益を加味した上で、社会費用便益（配水場整備による社会インフラコストの削減）と SAWACO の SPC へ支払費用（配水場サービスフィー）と加味し、SAWACO のキャッシュフローの視点から実現性を評価した結果、事業実施の実現性が非常に高いという結論づけに至った。

● 漏水改善の取組み

配水システム整備と漏水改善は、作業実態として、配管整備が伴うこともあり、密

接に関連がある。そこで、配水システム整備の実施段階においては、漏水改善事業をセットで行うことが効率的であると考えられる。

本調査では、配水システム整備段階を想定して、実際に日本の技術を活用した漏水改善が、どの程度効果的であるのか、実際の現地における漏水検知調査、修繕を通じた調査結果を踏まえて評価を行った。

その結論として、その改善結果については、現在現地にて実施される漏水改善調査よりさらに 10 ポイント程度漏水削減の実施が見込まれ、またその作業性については、3 倍以上（3 回実施して達成できない漏水改善を 1 回の改善で達成）となり、十分事業化取組みに値する結果となった。

6-3. 人材育成 Technical Transfer

人材育成においては、SAWACO が今後の事業展開を見据えて必要となる要素技術について、実際に 4 名の技術者を日本へ招聘して研修を実施した。

第7章 提言

本調査の経緯・目的、ならびに結果を踏まえ、今後の取り組みにおける課題について、以下テーマごとに記述する。

7-1. 新規水源開発

● 取水施設

今回の取水施設の検討においては、大容量取水であること、雨期・乾期の水位差が大きいことなど大規模工事が予想される反面、施工ヤードが十分あること、付近に住居が殆どないことなど施工中の周辺環境に関する問題は殆どないと考える。

一方で、本調査の位置づけを踏まえた検討スコープではあるものの、取水地点に関しては、ピンポイント的に決定するのではなく、周辺付近を含むということ、また取水方式に関しては、取水口方式と取水塔方式の2方式を提案しているが、地形・地質情報及び測量図、詳細調査実施には至っていない。また施工に関する技術面の検討においても、実施を想定した場合には、まだまだ不十分なものとなっている。

したがって今後、本計画の実施段階においては、上記の情報に関する調査を詳細に行い、実行可能性の評価をすることが必要となる。

特に、両貯水池において雨期と乾期では水位差が大きく、施工現場環境が大きく変わるため、施工時期と施工期間を十分検討して、ベトナム国で実行可能な施工計画を立てることが重要である。

● 導水施設

大容量導水であり、遠距離導水であることから大規模工事が予想される。ルートの大半の公道幅は、将来の拡張に向けセットバック等の処置がされており、殆どの区間で配管布設幅は確保できているなど、計画に対しては有利な傾向にある。

住民移転に関しては殆ど発生しないと評価できるが、皆無であるかについては詳細調査をおこなっていないので、今後詳細調査を行い移転の有無を確認する必要がある。

導水管口径は Tri An 系は D2,600mm×2、Dau Tieng 系は D2,400mm×1 又は D1,800mm×2 となり、配管布設占用面積及び施工空間を十分確保しておく必要がある。

特に Tri An 系は施工中の道路占用幅は、素掘り工法か矢板工法かによるが8～12m程度になる。その他資材置き場、建設機械の施工スペースも確保しなければならず、本計画の実施段階においては、これらに関し詳細調査が必要になる。

ただし、配管布設工事の場合、掘削→配管布設→埋め戻し→施工完了→道路開放の期間は長くないので、一時的、部分的な交通障害は発生する可能性はあるが、配管布設には大きな支障はない。

- **既存計画の確実な推進**

本計画は大容量取水、大容量導水、遠距離導水のもとに計画されている。非常時の対応を考慮し、複数化は行うべきであるが、事業費の面、布設ルートの方などから二重化は難しい状況と見られる。そのため、既存計画（2015年段階）を着実に進め、既存の取水、導水施設を活用することによって、非常時対応を図ることが重要である。

2015年計画を実現すれば、取水ポンプ能力から Tri An 系で 1,450,000m³/day の能力となり 2025年計画の約 65%、 Dau Tieng 系で 600,000 m³/day の能力となり 2025年計画の約 67%程度となり、上流側での事故等に対し、応急的な対応は可能となる。

このため、既存の取水施設は 2025年計画が完成しても閉鎖するのではなく、非常時利用として稼動が可能なように、適宜保守・点検及び管理を行う必要がある。

7-2. 配水システム

7-2-1 今後の配水施設整備に向けた提案

- **3級管・給水管の耐圧性能改善**

大都市水道の主な役割としては、公衆衛生の確保のために安全な水を供給すること、消防水利を確保することが挙げられる。

具体的には、安全な水を供給するためには、配水ネットワーク中のコンタミネーションを防ぎ、配水末端においても残留塩素濃度を確保するため、配水ネットワーク中において有圧を確保することが必須である。

本調査においては、顧客メータにおける有効水頭を 10m+G.L.以上、確実に確保することを前提条件として、基幹管路をモデル化した検討を行い、基幹管路における有効水頭 25m+G.L.を確保するよう最適配水区域案を設定した。

一方で、WSMP では、2025年における NRW を、給水需要の 24%程度と仮定しており、約 38%程度である現状を考慮すると、配水施設整備と並行して NRW 改善を行っていくことが重要である。

一般に、給水の安全性を確保するために水圧を改善していくと、NRW は悪化する。特にホーチミン市においては、布設延長の長い 3級管路については、管防護がなされていないなど、不平均力に対する異形管防護が考慮されていない事例が見受けられ、

さらに給水管や宅内給水装置の耐圧性能も低いことが想定される。また、現在行われている漏水改善対策についても、水圧の低い状況下で漏水調査および修繕工事を行っているものであり、将来の昇圧に耐えられるものか十分な検証がなされていない。

こうした状況を踏まえて、以下の取組みを行うことを提案する。

- 漏水改善のための、段階的な昇圧
- 3級管、給水管耐圧性能改善のための材質改善、施工品質改善、技術指針の導入、人材育成
- 宅内給水装置にかかるルール・仕組みの制定（給水装置の漏水改善と、非公認直結増圧ポンプの排除）

● 将来の理想的な送水ネットワーク構築

理想的な配水システムでは、水道システムで想定される様々なリスクでも、水源水質事故による浄水場の取水停止や、基幹管路の漏水による長期断水といった、より大きなリスク事象においても配水を継続することが求められる。一般に、こうした事象の発生確率は低いものの、与える影響の大きいリスク事象に対応できる水道システムを構築する場合には、浄水予備力として、配水需要に対して高い施設能力を持ち、かつ送水・配水ネットワークの管容量、ポンプ能力が需要を上回る必要があり、高コストとなる。

本調査において提案する最適配水区域設定案は、2025年の想定需要に対して、必要十分な配水を行うことができるものとして検討した。今後、さらなる水道システムのレベルアップを図っていくため、理想的な配水システムを構築していくためには、Thu Duc 浄水場や Tan Hiep 浄水場の施設能力の減少や、基幹管路の断水にも対応する、送水の相互融通が可能な送水ネットワークを整備していくことも視野に入れた整備も重要となると考えられる。参考として、次葉に再掲の図 2-5-8 で理想的な送水ネットワークの概念を示す。

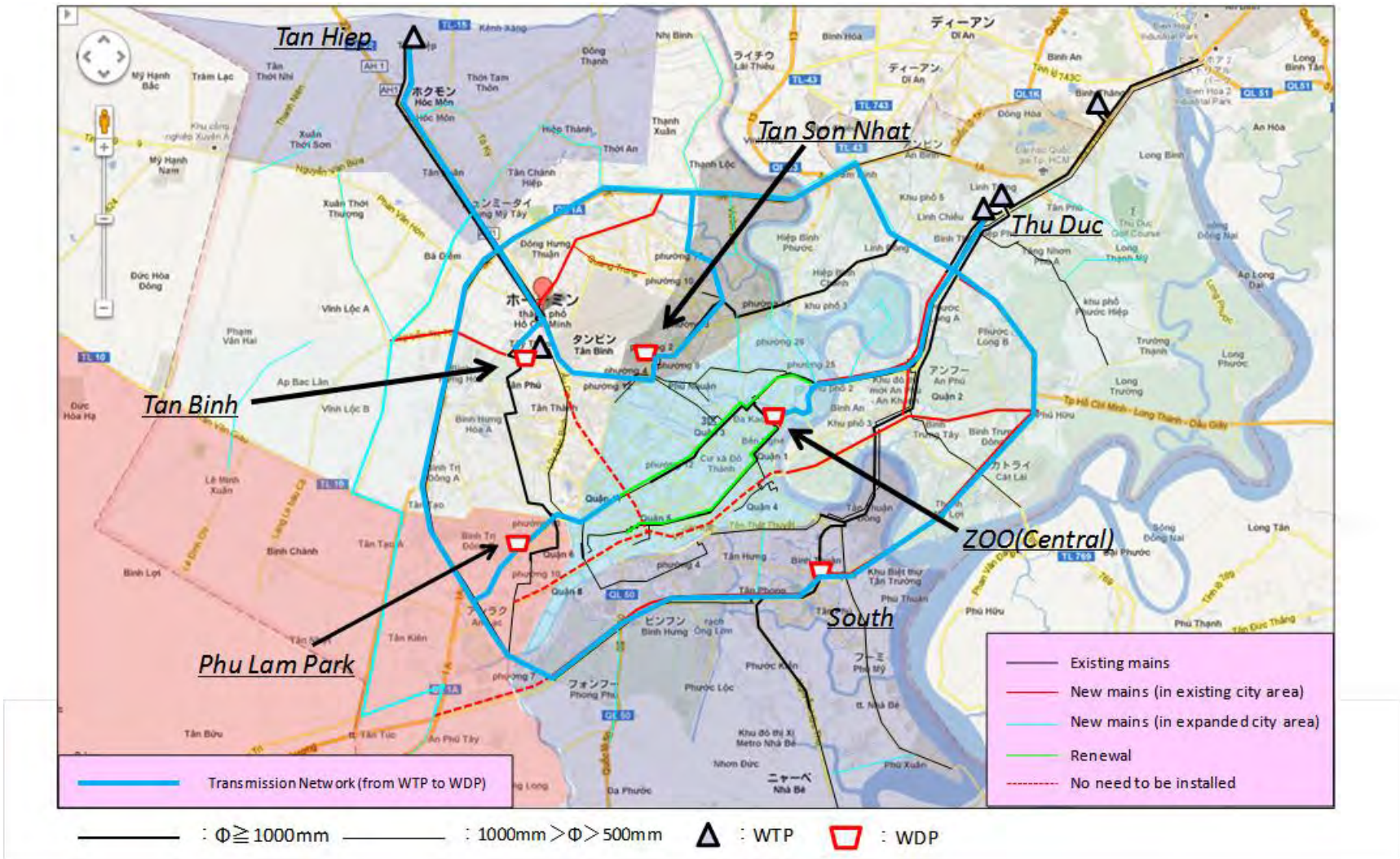


図 2-5-8 将来の理想的な送水ネットワーク (再掲)

7-2-2 漏水改善の今後の展開

今回の調査では、日本の技術を活用した漏水改善を実施し、それ自体が大きなセールスポイントであることの確認できた。また各漏水検知手法について、その作業性の把握、並びにベトナム国ホーチミン市における適用性についても確認ができたと考える。

一方で漏水改善分野は、多くの競合相手がアプローチしている分野でもあり、単純な漏水改善技術のみでは、他との差別化が図れないというのもまた然りである。

そこで本調査の報告において、ホーチミン市が期待する日本チームによるアプローチ方法について、討議を行った結果を以下に示す。

漏水修繕は部分修繕をする限り、必ず復元（また漏水が別の箇所から発生する）を伴う。すなわち、漏水改善調査の実施修繕を行っても、数年後には必ず元の漏水率に戻ってしまうというものである。したがって配水管網の更新が理想となるが、この更新実施には時間と経費がかかるため、短期的には配水管網の修繕が必要となる。

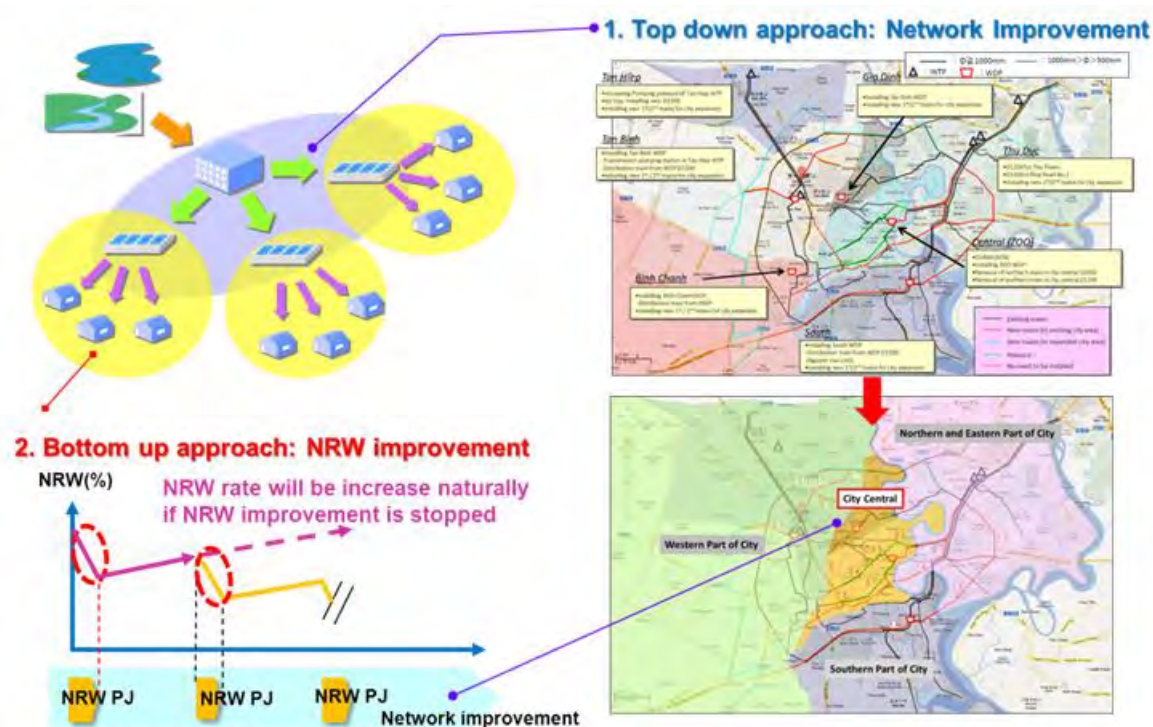


図 2-6-9. 漏水改善のアプローチ（再掲）

図 2-6-9 はその概念になるが、差別化要素としては、将来配水管網改善を行うと共に、漏水改善を継続して行っていくというものである。

すなわちこれらの短期的な修繕と長期的な配水管網の改善、更新を計画的に行って

いくことが重要であり、この部分において、今回の本調査における、配水管網の検討と漏水改善調査をセットにして提案を行っていくことが、漏水改善における重要な取り組みとなる。

今後の配水システムの事業化 FS 段階では、本調査結果を踏まえた漏水改善事業を含めた、事業化検討を進めていくことが、大きな差別化要素になることを、本調査を踏まえ、改めてカウンターパートと共有されたことになるが、実際の漏水改善調査自体において、日本チームの実力が大きく評価されたことは、今後の日本チームがホーチミンを含めた東南アジア諸国で展開していく上で、大きな実績となったといえる。