ラオス人民民主共和国
公共事業運輸省住宅・都市計画局
首都ビエンチャン
首都ビエンチャン水道公社

ラオス国
首都ビエンチャン上水道拡張事業
準備調査

最終報告書
要約

平成 27 年 6 月
(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

株式会社日水コン

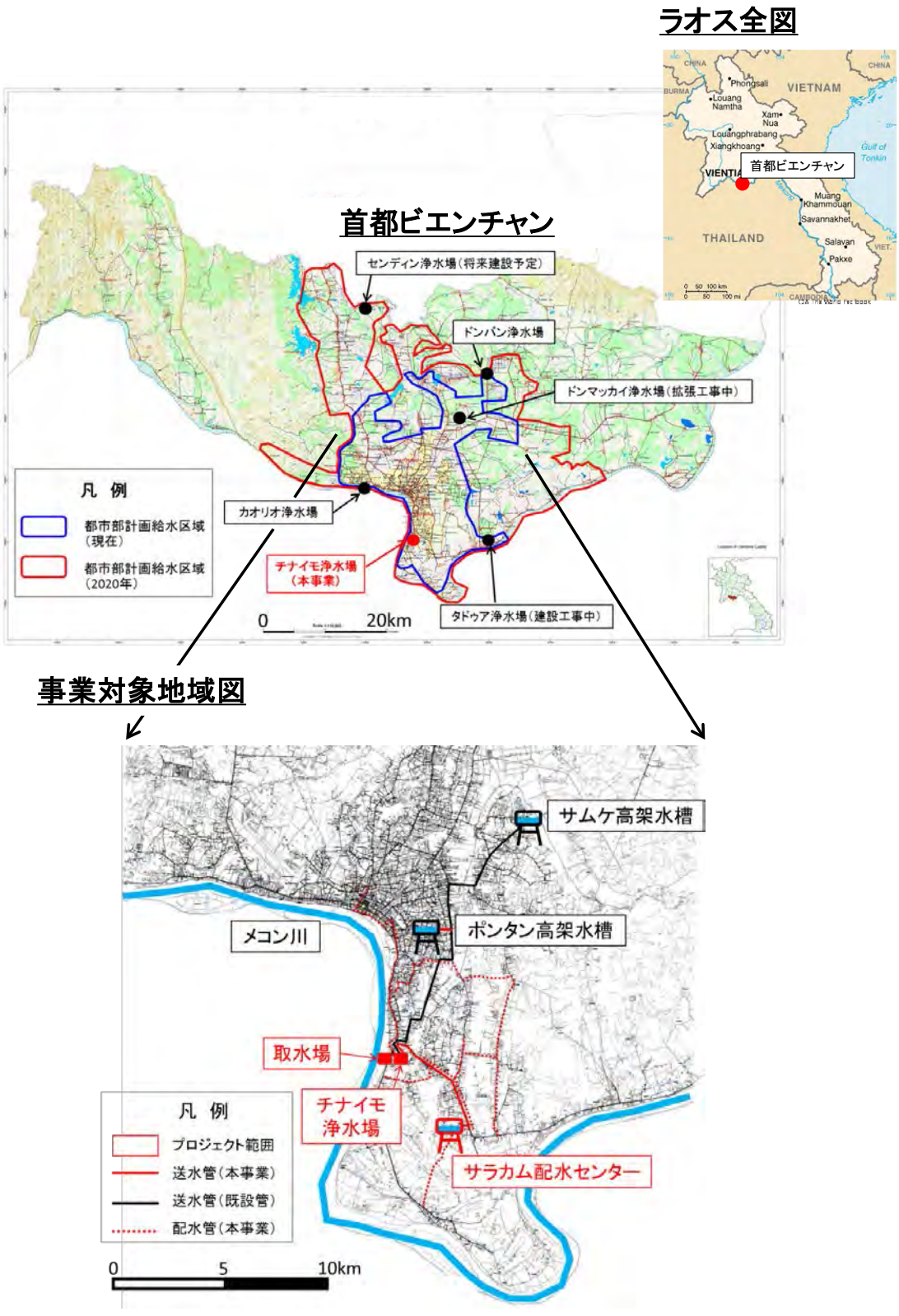
東大
CR (5)
15-023

為替レート

（2014 年度ファクトファインディングミッション適用）

1USD = 120.4 JPY
1USD = 8,094.60 LAK
1LAK = 0.0149 JPY

調査対象位置図


ラオス全図
CHINA
VIETNAM
Phongsali
Louang Namtha
Xam Nua
Louangphrabang
Xiangkhoang
Gulf of Tonkin
首都ビエンチャン
VIENTIANE
Muang Khammouan
Savannakhet
THAILAND
Salavan
Pakxe
CAMBODIA
首都ビエンチャン
センディン浄水場（将来建設予定）
ドンパン浄水場
ドンマッカイ浄水場（拡張工事中）
カオリオ浄水場
チナイモ浄水場（本事業）
タドゥア浄水場（建設工事中）
凡 例
都市部計画給水区域（現在）
都市部計画給水区域（2020年）
0
20km
事業対象地域図
サムケ高架水槽
メコン川
ポンタン高架水槽
取水場
チナイモ浄水場
サラカム配水センター
凡 例
プロジェクト範囲
送水管（本事業）
送水管（既設管）
配水管（本事業）
0
5
10km

目　　次

為替レート i
調査対象位置図 ii
目　　次 iii
表 目 次 vii
図 目 次 viii
略語表 ix
要　　旨 1
1.　序論 ..... 1−1
1.1　調査の概要 1-1
1.2　調査の目的と調査対象地域 1-1
1.3　調査スケジュール 1-2
2.　調査対象地域の状況 ..... 2−1
2.1　自然状況 2-1
2.1.1　気候 2-1
2.1.2　地形 2-1
2.1.3　水文 2-1
2.1.4　水理地質 2-1
2.2　社会・環境状況 2-1
2.2.1　人口と行政 2-1
2.2.2　土地利用 2-2
2.2.3　その他の社会経済及び環境状況 2-3
3.　水道セクターの分析 ..... 3−1
3.1　水道セクターの現状と問題点 3-1
3.2　水道セクターの法律、政策、および計画 3-1
3.2.1　水道セクターの法的枠組み 3-1
3.2.2　水道セクターの政策と計画 3-1
3.3　首都ビエンチャンの水需要 3-2
3.4　既存水道施設の給水量および施設能力の現状 3-2
3.5　無収水の現況 3-3
3.6　首都ビエンチャンの水道施設の全体的な基本構想 3-3
3.7　首都ビエンチャンでの水道セクターにかかる現在のプロジェクト 3-4
3.8　首都ビエンチャンの既存水道施設 3-4
3.9　チナイモ浄水場の既存施設 3-5
3.9.1　チナイモ浄水場の取水施設 3-6
3.9.2　チナイモ浄水場の処理施設 3-6
3.9.3　チナイモ浄水場の送配水施設 3-7
3.9.4　電力状況 3-7
3.10 運転維持管理 3-7
3.10.1　浄水場 3-7
3.10.2　送水および配水ネットワーク 3-7

3.11 水道セクターの組織 3-7
3.12 水道料金 3-8
3.13 NPNL の財務分析 3-8
3.13.1 NPNL の経営状況 3-8
3.13.2 NPNL の財務状況 3-9
3.14 関連する進行中の調査とプロジェクト 3-9
3.14.1 AfD 支援による水供給マスタープラン 2014 3-9
3.14.2 AfD による既設管の布設替えプロジェクト 3-9
3.14.3 ドンマッカイ上水道拡張事業 3-10
3.14.4 JICA 支援による技術協力プロジェクト 3-10
3.15 水道セクターにおける PPP によるプロジェクト 3-10
3.15.1 タドゥア給水事業 3-10
3.15.2 センディン給水事業 3-11
3.15.3 ドンバン上水道拡張事業 3-11
3.16 水道施設の改善に係る長期計画 3-11
3.17 長期財務計画 3-11
3.18 現在の水道の状況の認識と評価 3-12
3.18.1 技術的側面 3-12
3.18.2 運営的側面 3-13
3.18.3 財務的側面 3-13
3.18.4 人材的側面 3-14

4. 事業計画 ..... 4−1
4.1 2030 年までの水需要予測 4-1
4.2 水道施設の段階的整備計画 4-1
4.3 拡張後のチナイモ浄水場及びその他の浄水場からの配水エリア 4-2
4.4 事業で拡張される水道施設の検討 4-3
4.5 事業の全体計画 4-4

5. 事業概要 ..... 5−1
5.1 施設計画 5-1
5.2 施設設計 5-2
5.2.1 チナイモ取水ポンプ場 5-2
5.2.2 チナイモ浄水場 5-3
5.2.3 送水および配水ポンプ設備 5-5
5.2.4 送配水管施設 5-6
5.3 事業で建設される施設の運転維持管理計画 5-11
5.4 事業の全体費用 5-13
5.4.1 事業内容 5-13
5.4.2 工事費 5-13
5.4.3 維持管理費 5-14
5.5 フェーズ 1 事業の概要 5-15
5.5.1 パッケージ案 5-15
5.5.2 コンサルティングサービスの内容（案） 5-15
5.5.3 概算事業費 5-17
5.5.4 妥当性検証のための類似案件との事業費比較 5-17
5.5.5 更新費 5-19

5.5.6　事業実施スケジュール.....5-20
5.5.7　施工計画.....5-20
5.5.8　工事資機材の調達計画、調達方法.....5-21

6.　環境社会配慮..... 6−1
6.1　環境に係る要件.....6-1
6.2　代替案.....6-1
6.3　初期環境評価 (Initial Environmental Examination: IEE) 結果.....6-1
6.4　住民移転、用地取得および補償.....6-2
6.5　環境管理およびモニタリング.....6-2
6.6　コンサルテーションミーティング.....6-2
6.7　事業実施の為に今後必要な手続き.....6-2

7.　事業実施体制..... 7−1
7.1　事業実施体制の検討.....7-1
7.1.1　水道事業の事業実施組織.....7-1
7.1.2　本事業の事業実施機関.....7-2
7.2　維持管理.....7-2
7.2.1　維持管理 (O&M)計画.....7-2
7.2.2　技術支援コンポーネント.....7-4

8.　ライフ・サイクル・コスト入札の導入..... 8−1
8.1　ライフ・サイクル・コスト入札導入の目的.....8-1
8.2　LCC 入札の上下水道プロジェクトへの適用パターン.....8-1
8.2.1　世界銀行融資による下水処理場施設案件の先行事例.....8-1
8.2.2　円借款による上水道整備事業での事例.....8-1
8.3　本件首都ビエンチャン上水道拡張事業への導入可能性.....8-2
8.3.1　LCC 入札導入にあたって留意すべき点.....8-2
8.3.2　推奨される LCC 入札の方式.....8-2
8.3.3　ラオスの調達に係る法制度.....8-3
8.3.4　LCC 入札導入の妥当性.....8-3
8.4　LCC 入札の手続きと評価方法.....8-4
8.4.1　評価価格.....8-4
8.4.2　性能証明（工場検査）.....8-4
8.4.3　罰則.....8-5
8.5　本邦企業の優位性.....8-5

9.　下水・排水セクターの分析..... 9−1
9.1　下水・排水セクターの現状と課題.....9-1
9.1.1　下水・排水セクターの現状.....9-1
9.1.2　下水・排水セクターの課題.....9-1
9.2　下水・排水セクターの方針と計画.....9-2
9.3　上水道拡張により増加する下水・排水の影響.....9-2
9.4　首都ビエンチャンにおける下水と排水に対する包括的な計画.....9-3

10.　事業効果..... 10−1
10.1 事業の経済的内部収益率（EIRR）及び財務的内部収益率（FIRR）.....10-1
10.1.1　財務分析.....10-1
10.1.2　経済分析.....10-1

10.1.3 財務計画.....10-1
10.1.4 事業による水道料金改定の影響分析.....10-2
10.2 運用・効果指標の選択と算定.....10-3

11. 事業評価と提言..... 11−1
11.1 評価.....11-1
11.2 提言.....11-1

表 目 次

表 2.1 首都ビエンチャンの人口と世帯数 (2013) 2-2
表 2.2 計画給水区域の概要 2-2
表 3.1 既存浄水場の設計処理能力と実際の処理量の比較 3-2
表 3.2 首都ビエンチャン水道セクターに関連する現在プロジェクトの概要 3-4
表 3.3 NPNL の現在及び将来の水道料金（2014 年 9 月施行） 3-8
表 3.4 JICA と AFD との協調支援によるプロジェクトのスコープの予算の配分 3-9
表 3.5 2030 年を目標とした 3 つのシナリオの主な技術的特徴 3-11
表 4.1 水需要予測の概要 4-1
表 4.2 フェーズ 1 とフェーズ 2 の概要 4-2
表 4.3 各フェーズの事業スコープの主な内容 4-5
表 5.1 取水ポンプの基本設計条件 5-3
表 5.2 浄水施設の概要 5-4
表 5.3 チナイモ浄水場からの基本設計流量 5-5
表 5.4 チナイモ浄水場送配水系統の各送配水量 5-5
表 5.5 本事業で布設される管路の口径別延長 5-7
表 5.6 サラカム配水センターの配水ゾーンに布設される送配水管の口径、管種および延長 5-9
表 5.7 布設替えあるいは新設する配水管の口径、管種および延長 5-11
表 5.8 主な水道施設の運転維持管理計画 5-12
表 5.9 工事費（フェーズ 1 及び 2） 5-13
表 5.10 維持管理費用 5-14
表 5.11 パッケージ（フェーズ 1） 5-15
表 5.12 概算事業費算出結果（フェーズ 1） 5-17
表 5.13 類似案件プロジェクトリスト 5-17
表 5.14 2050 年までの更新費（フェーズ 1 施設） 5-19
表 5.15 事業実施スケジュール（フェーズ 1） 5-20
表 7.1 提案した技術支援コンポーネント 7-4
表 8.1 LCC の内訳 8-1
表 8.2 総合評価価格の内訳表 8-1
表 8.3 チナイモ浄水場拡張への適用可能性を検討した処理方式の比較 8-2
表 8.4 ポンプ設備パッケージの内容 8-3
表 8.5 ポンプ設備パッケージの総合評価 8-4
表 8.6 応札者による保証値 8-4
表 8.7 ポンプの工場検査項目 8-4
表 10.1 チナイモ浄水場拡張による指標 10-3
表 10.2 首都ビエンチャン都市部の指標 10-3
表 11.1 事業の財務経済分析結果 11-1

図 目 次

図 1.1 調査対象地域 1-2
図 1.2 調査スケジュール 1-2
図 2.1 首都ビエンチャンの観光客訪問者数 2-3
図 3.1 NPNL による 2008 年から 2013 年にかけての給水量 3-2
図 3.2 既存浄水場の位置 3-3
図 3.3 首都ビエンチャンの主要既存水道施設の概要図 3-5
図 3.4 NPNL の営業収入と純損失（過去 5 年間） 3-9
図 3.5 首都ビエンチャンにおける現水道システムの問題と解決の困難性 3-12
図 4.1 現在の給水区域と将来の計画給水区域 4-1
図 4.2 整備計画 (チナイモ浄水場の段階的拡張 80,000 ㎥/日) 4-2
図 4.3 各浄水場による配水境界の将来計画 4-3
図 5.1 チナイモ浄水場拡張と取水ポンプ場拡張の配置図 5-1
図 5.2 チナイモ浄水場からの送水システムおよび配水エリアの概略計画図 5-2
図 5.3 新規取水ポンプ場の概略平面図・断面図 5-3
図 5.4 新設チナイモ浄水場の処理プロセス・フロー図 5-4
図 5.5 チナイモ浄水場からの送配水系統のフロー図 5-5
図 5.6 本事業で布設される管路位置図（フェーズ 1 及び 2） 5-6
図 5.7 サラカム配水センターの平面配置図と新設地上配水池と高架水槽の断面図 5-8
図 5.8 配水管の布設替えおよび新設が必要な区間 5-10
図 7.1 事業の実施体制 7-2
図 9.1 対象エリア 9-1
図 9.2 下水と排水セクターのアクションプラン 9-2
図 10.1 NPNL の純利益/損失、キャッシュフロー残高（5 年毎に実質 3.5 %値上げ） 10-1
図 10.2 低所得家庭の水道料金請求額上限（年 3%の所得増を想定）、及び典型的な水道料金請求額 10-2

略語表

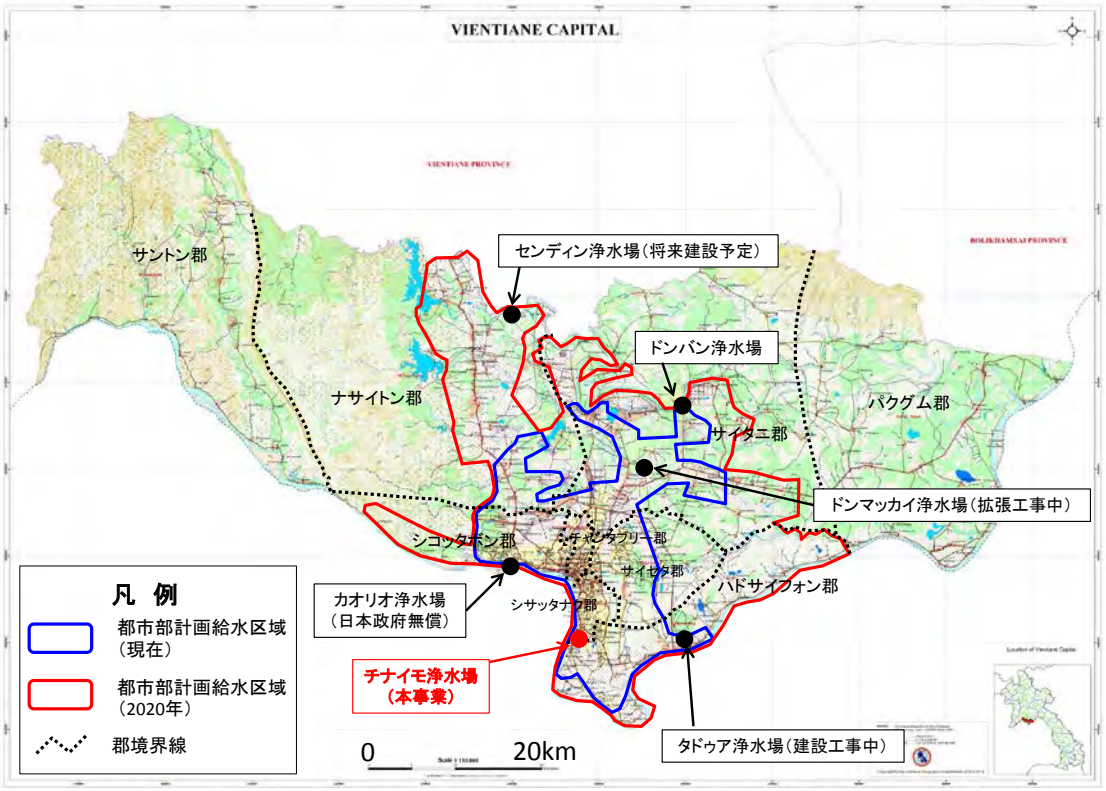
ADB	Asian Developmet Bank	アジア開発銀行
AfD	French Development Agency	フランス開発庁
DBB	Design Bid Build	設計・施工分離方式
DEWATS	Decentralized Wastewater Treatment System	分散型汚水処理設備
DF/R	Draft Final Report	ドラフト・ファイナル・レポート
DHUP	Department of Housing and Urban Planning	公共事業運輸省住宅・都市計画局
DIP	Ductile Iron Pipe	ダクタイル鋳鉄管
DONRE	Department of Natural Resources and Environment	首都ビエンチャン天然資源環境局
DPWT	Department of Public Works and Transport	首都ビエンチャン公共事業運輸局
EA	Executing Agency	実施機関
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境遵守認証
EDL	Electricite du Laos	ラオス電力公社
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EIA	Environment Impact Assessment	環境影響評価
ESMMP	Environmental and Social Management and Monitoring Plan	環境社会管理監視計画
ESS	Environmental and Social Staff	環境社会スタッフ
ET	Elevated Tank	高架水槽
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
F/R	Final Report	ファイナル・レポート
F/S	Feasibility Study	実行可能性（フィージビリティ）調査
GOJ	Government of Japan	日本国政府
GOL	Government of the Lao PDR	ラオス政府
GSCP	Grass Fiber Coated Pipe	ガラス繊維巻鉄筋コンクリート管
GSP	Galvanized Steel Pipe	亜鉛メッキ鋼管
HDPE	High Density Polyethylene Pipe	高密度ポリエチレン管
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
IC/R	Inception Report	インセプション・レポート
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
IT/R	Interim Report	インテリム・レポート
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JST	JICA Study Team	JICA 調査チーム
Lao PDR	Lao People’s Democratic Republic	ラオス人民民主共和国
LCB	Local Competitive Bidding	国内競争入札
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト
M/D	Minutes of Discussion	協議議事録

MOD	Ministry of Defense	国防省
MOH	Ministry of Health	保健省
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment	天然資源環境省
M/P	Master Plan	マスタープラン
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
NGPES	National Growth and Poverty Eradication Strategy	国家成長及び貧困撲滅戦略
NPNL	Vientiane Capital Water Supply State Enterprise	首都ビエンチャン水道公社
NRW	Non-Revenue Water	無収水
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	ネフェロメ濁度単位
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
O&M	Operation and Maintenance	運転維持管理
PNP	Water Supply State Enterprises (i.e. Provincial Nam Papa)	水道公社
PNP-LP	Luang Prabang Provincial Water Supply State Enterprise	ルアンプラバン県水道公社
PNP-KM	Khammouane Provincial Water Supply State Enterprise	カムアン県水道公社
PMU	Project Management Unit	プロジェクト管理組織
PVC	Polyvinyl Chloride	塩化ビニル
RPM	Rotation per Minute	回転毎分
SP	Steel Pipe	鋼管
UDM/P 2011	The Project for Urban Development Master Plan in Vientiane Capital in 2011 (a urban development master plan in Vientiane Capital prepared in 2011 with support by JICA)	首都ビエンチャン都市開発マスタープラン策定プロジェクト（2011）
uPVC	Un-plasticized Polyvinyl Chloride	無可塑ポリ塩化ビニル
VC	Vientiane Capital	首都ビエンチャン
WACC	Weighted Average Cost of Capital	加重平均資本費
WaSRO	Water Supply Regulatory Office	水道規制事務局
WB	World Bank	世界銀行
WSM/P 2004	The Study on Vientiane Water Supply Development Project in 2004 (a water supply master plan in Vientiane Capital prepared in 2004 with support by JICA)	ビエンチャン市上水道拡張整備計画調査（2004）
WSM/P 2014	NPNL Water Supply Assets Master Plan in 2014 (a water supply master plan in Vientiane Capital prepared in 2014 with support by AfD)	首都ビエンチャン水供給マスタープラン（2014）
WTP	Water Treatment Plant	浄水場

要　　旨

首都ビエンチャンには 9 郡がある。そのうち主な計画給水区域は 7 郡の都市部（4 郡全域と部分的な 3 郡）であり、その水道普及率は 2013 年で 72%であった。現在、首都ビエンチャンの都市部には、4 浄水場（チナイモ浄水場、カオリオ浄水場、ドンマッカイ浄水場、ドンバン浄水場）があり、全体の能力は 180,000m^3/日である。しかし、2013 年には日平均水量で 199,000 m^3/日を越える給水が行われており、いくつかの浄水場については近年過負荷運転を強いられている。最新の水需要予測も急速な人口と工業の伸びから 2030 年には 400,000 m^3/日を越える水供給の必要性を示している。このような状況下で首都ビエンチャンにおいて、水供給量の増加は緊急な課題となっている。

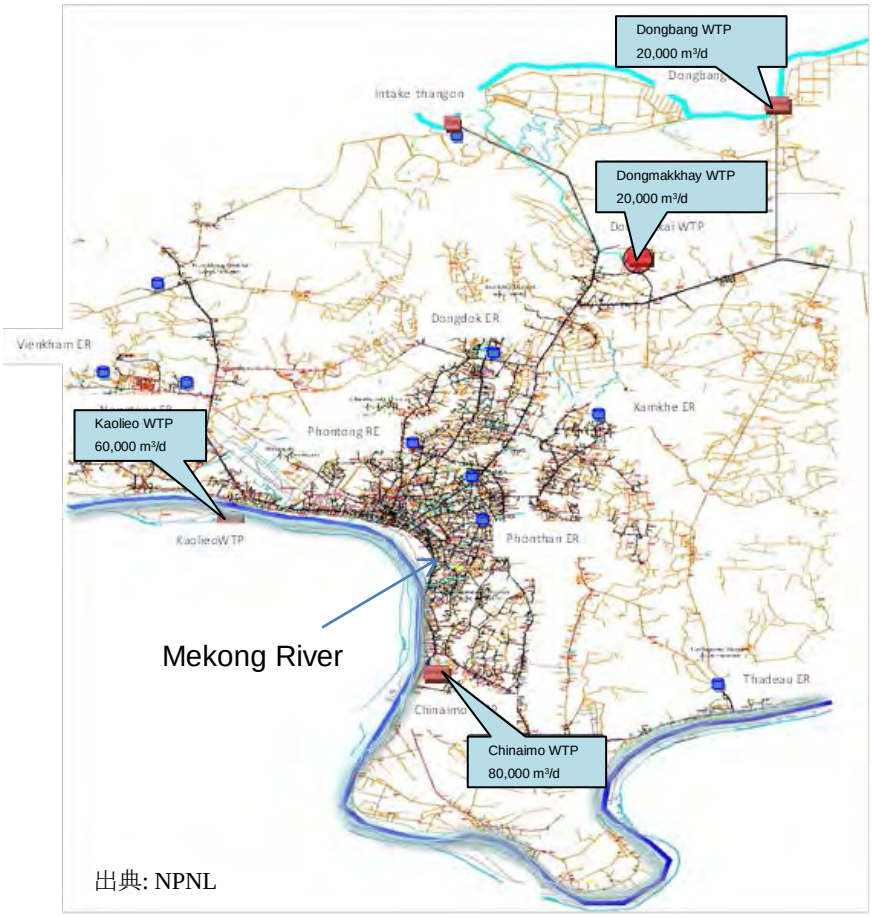
この状況を改善するため、本調査は、2014 年 2 月 21 日のラオス政府と独立法人国際協力機構（JICA）との合意に基づき、「首都ビエンチャン上水道拡張事業」の実行可能性調査（F/S）を実施するために策定された。本調査では、下図の調査対象地域に示すように、首都ビエンチャンの都市部における現在及び将来（2020 年）の計画給水区域を対象とし、チナイモ浄水場拡張事業を優先事業に選んでいる。



出典：JST

調査対象地域とチナイモ浄水場位置図

首都ビエンチャンの水道水源はメコン河とナムグム川の二つの河川によっており、既存 4 浄水場がこれらの河川から取水している。浄水場の位置を以下に示す。



既設４浄水場の位置図

これら 4 浄水場の全設計能力は 180,000 m^3/日であるが、2013 年の実際の生産水量の記録によると下表のように複数の浄水場で過負荷運転が行われている。

既設浄水場における設計能力と運転実績

浄水場名	設計能力 (m^3/日)	2013 年の日平均給水量 (m^3/日)	施設稼働率 (%)
チナイモ浄水場	80,000	93,272	116.6%
カオリオ浄水場	60,000	68,084	113.5%
ドンマッカイ浄水場	20,000	22,992	115.0%
ドンバン浄水場	20,000	15,271	76.0%
合計	180,000	199,619	110.9%

出典：NPNL

4 浄水場中で、チナイモ浄水場、カオリオ浄水場、及びドンマッカイ浄水場は、各々年間平均で 16.6% 、13.5% 、15.0%の過負荷運転の状態にある。他方、ドンバン浄水場は設計能力の 76 % で稼働しているが、この理由は原水の高濁度時に処理量を下げざるを得ないことと頻繁に発生する送水管破裂事故の補修のために、しばしば運転を停止することによる。

上述の状況をはじめ、本調査では、2013 年の首都ビエンチャンの都市部における給水人口、水道普及率、一人当たりの水使用量、非家庭用水量、無収水率、ピークファクタ

一等のデータをベースラインとして整理し、その後、2030 年までの水需要を予測、算出している。下表に水需要予測の概要を示す。

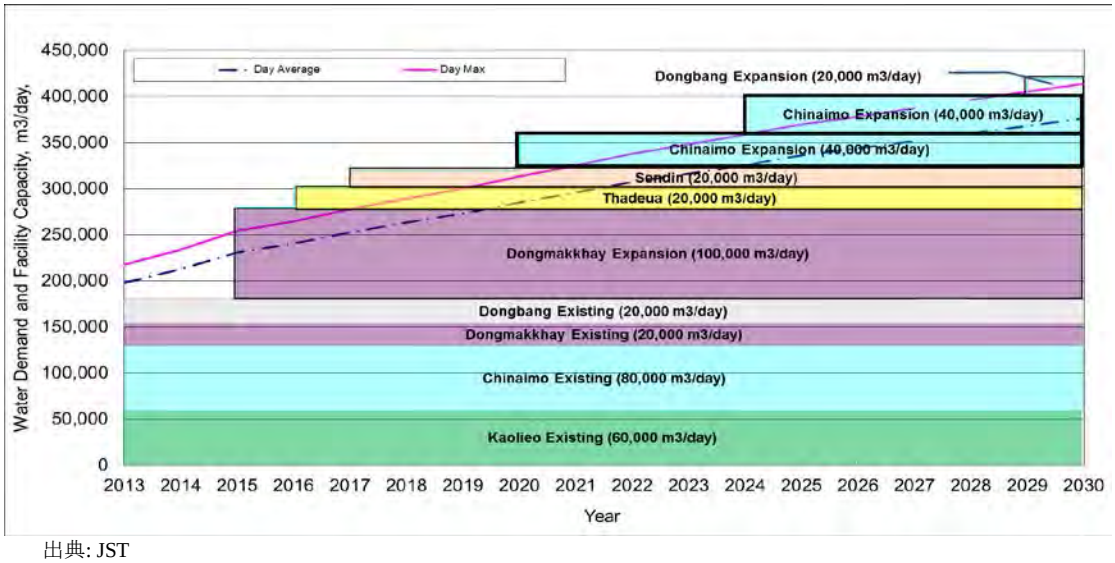
水需要予測の概要

	単位	2013	2015	2020	2025	2030
首都ビエンチャン人口	人	854,069	906,082	1050,397	1,217,698	1,411,648
都市部の人口	人	675,751	700,498	766,891	840,368	921,787
給水人口（都市部）	人	489,175	557,287	689,167	804,207	921,787
水道普及率	%	72%	80%	90%	96%	100%
1 人当たり水使用量	lpcd	245	245	245	245	245
家庭用水量	m^3/日	119,848	136,535	168,846	197,031	225,838
非家庭用水量	%	24%	27%	35%	45%	50%
	m^3/日	28,764	36,864	59,096	88,664	112,919
水需要量合計	m^3/日	148,612	173,399	227,942	285,695	338,757
無収水量 (NRW)	%	25%	25%	20%	15%	10%
	m^3/日	49,537	57,800	56,986	50,417	37,640
日平均水需要量	m^3/日	199,619	231,199	284,928	336,112	376,397
ピークファクター		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
日最大水需要量	m^3/日	219,600	254,300	313,400	369,700	414,000

出典：JST

現在進行中のプロジェクトとして、ドンマッカイ浄水場拡張（100,000 m^3/日の拡張）は工事中で 2015 年末に完成することが予定されている。また、タドゥア浄水場（20,000 m^3/日）とセンディン浄水場（20,000 m^3/日）が BOT プロジェクトとして各々2016 年と 2017 年から供用開始の予定である。

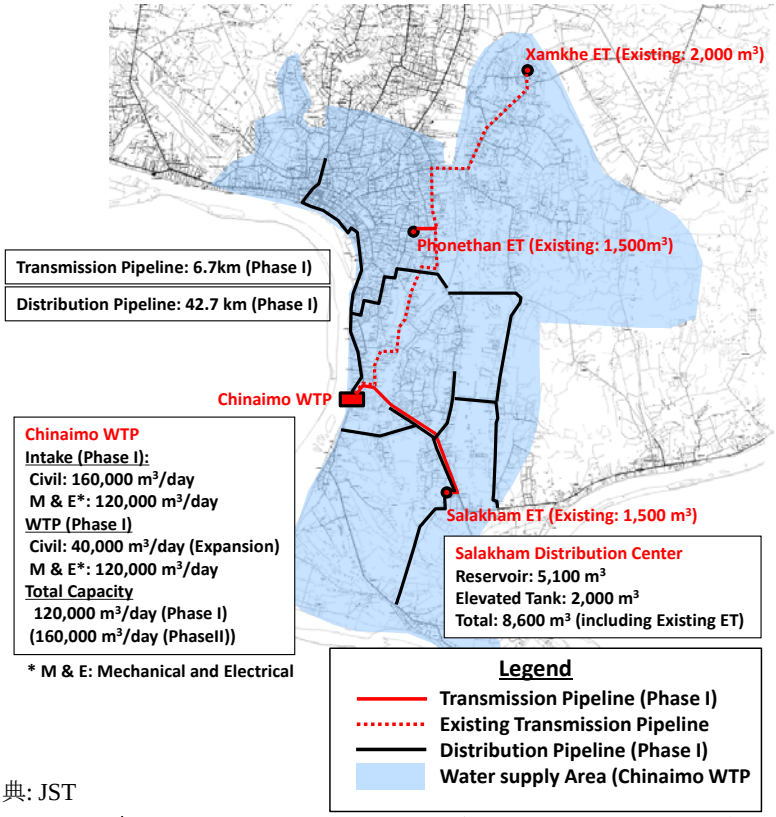
これら拡張・新設のプロジェクトを考慮して、下図のチナイモ浄水場拡張事業を段階的整備計画（2020 年までにフェーズ 1 で 40,000 m^3/日の拡張、2024 年までにフェーズ 2 で更なる 40,000 m^3/日の拡張）により実施することを提案し、ラオス政府との合意を得た。



出典: JST

施設計画 (チナイモ浄水場 の段階的整備計画)

下図はチナイモ浄水場の段階的拡張計画につき、フェーズ1とフェーズ2における事業の関連施設を示している。



出典: JST

フェーズ 1 と 2 におけるチナイモ浄水場の拡張と関連施設

上図の内、フェーズ1における事業内容に基づく概算工事費を下表に示す。

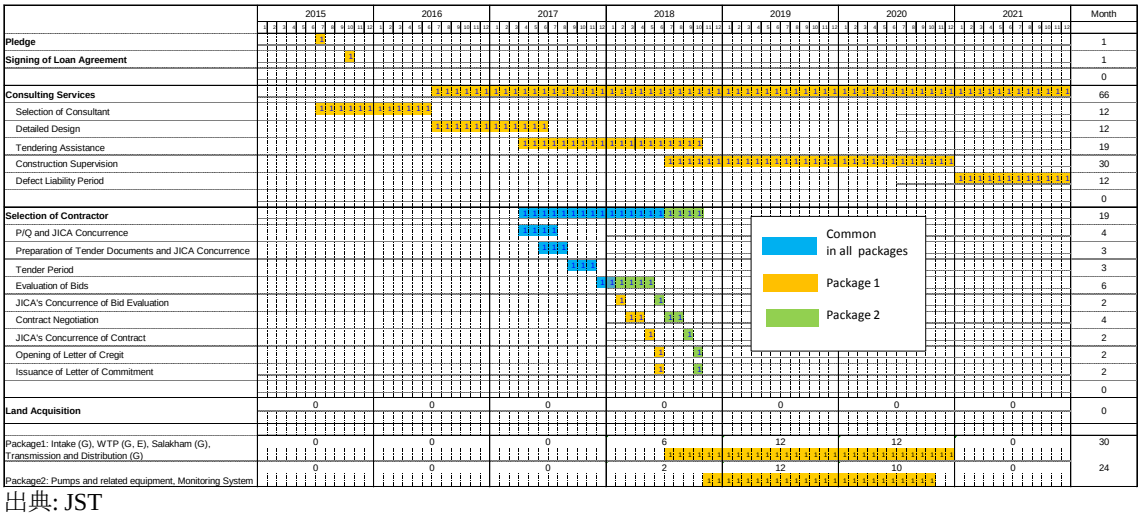
概算工事費算出結果

項目	合計 外貨 百万 JPY	合計 内貨 百万 LAK	合計 合計 百万 JPY	合計 合計 百万 USD	割合
A. ローン対象分	7,266	179,097	9,934	82.5	92%
Ⅰ）調達／工事	6,472	149,750	8,703	72.3	-
工事費	5,432	100,213	6,925	57.5	-
パッケージ1	3,454	96,582	4,893	40.6	-
パッケージ2	1,978	3,630	2,032	16.9	-
物価変動予備費	452	35,924	987	8.2	-
物理的予備費	588	13,614	791	6.6	-
Ⅱ）コンサルティングサービス	794	29,347	1,231	10.2	-
ベースコスト	710	21,688	1,033	8.6	-
物価変動予備費	45	6,261	139	1.2	-
物理的予備費	38	1,397	59	0.5	-
B. ローン非対象分	0	52,593	784	6.5	7%
a 調達／工事	0	0	0	0.0	-
b 土地収用	0	0	0	0.0	-
c 管理費	0	33,336	497	4.1	-
d 付加価値税	0	17,910	267	2.2	-
e 輸入関税	0	0	0	0.0	-
f フロントエンドフィー	0	1,347	20	0.2	-
C. 建中金利（ローン対象）	103.1	0.0	103.1	1.1	1%
i 建中金利（調達／工事）	102.8	0.0	102.8	0.9	-
ii 建中金利（コンサルティングサービス）	0.3	0.0	0.3	0.3	-
総事業費　（A+B+C）	7,369	231,690	10,821	90.1	100%
D. JICAローン対象額合計（A + C）	7,369	179,097	10,037	83.6	93%

出典：JST 作成

また、フェーズ１の事業実施スケジュールを下表に示す。

事業実施スケジュール



出典: JST

フェーズ１の優先事業は、下記に示す理由のように実行可能なものと評価される。

チナイモ浄水場拡張のフェーズ１事業（40,000m^3/日拡張）は、首都ビエンチャンでの現在の給水能力 180,000 m^3/日を、進行中のドンマッカイ浄水場拡張（100,000m^3/日拡張）、タドゥア浄水場建設（20,000m^3/日）、センディン浄水場建設（20,000m^3/日）と合わせて 360,000 m^3/日に増大させる。この給水能力の大幅な増加は首都ビエンチャンでの慢性的な水不足の解消又は緩和に寄与することが期待される。

下表は、本事業の経済的内部収益率（EIRR）及び財務的内部収益率（FIRR）の解析結果である。NPNL が承認済の 2018 年までの水道料金値上げから、さらに値上げを行わなくとも、事業の財務的・経済的実行可能性があることを示している。

事業の財務経済分析結果

分析の種類	指標数値	数値の評価	結果
財務分析	FIRR: 9.29%	割引率（4%）以上	財務的に実行可能
経済分析	EIRR: 27.30%	割引率（12%）以上	経済的に実行可能

水道料金分析で低所得家庭の平均所得月額は 1,853,920 LAK/月である。水道サービスに対する支払い可能性は国際的機関(IBRD、Pan American Health Organization)が各々家庭所得の 3.5%と 4%と設定している。料金値上げ(2020 年より 5 年ごとに 3.5%)は将来の所得上昇を考慮した場合には、低所得家庭にとっても支払可能額の上限内にあり、支払うことができると考えられる。

環境社会配慮では、初期環境評価（IEE）案を首都ビエンチャン天然資源環境局（DONRE）に提出後、2 回の関係者間会議(村/郡レベルと郡 /首都ビエンチャンレベル)を含む審査を経て、環境遵守認証（ECC）が、2015 年 2 月 17 日に DONRE から交付された。

要　　約

1. 序論

1.1 調査の概要

ラオス人民民主共和国（以下、ラオス）の首都ビエンチャンは、経済成長が進み都市圏の人口増加や産業成長が堅調な伸びを示す一方、社会インフラ整備が追い付かず、とりわけ水道施設の整備拡張は喫緊の課題である。2013 年の人口は約 85 万 4 千人であり、2020 年には 100 万人に達する見通しである。

首都ビエンチャンには 9 郡がある。このうち、計画給水区域は主に 7 郡の都市部（4 郡全域と残り 3 郡の一部）であり、その水道普及率は 2013 年で 72%であった。首都ビエンチャンでは、都市部への給水のため、現在 4 個所に既存浄水場（チナイモ浄水場、カオリオ浄水場、ドンマッカイ浄水場、ドンバン浄水場）があり、その設計浄水量の合計は 180,000 m^3/日であるが、2013 年のデータでは日平均給水量で 199,000 m^3/日以上と近年は複数の浄水場で過負荷運転を続けている。また、最新の水需要予測では、2030 年に 400,000 m^3/日以上の水供給が必要とされている。このような状況の中、首都ビエンチャンの住民生活向上のためにも、早急な水供給量の増加が必要である。

かかるなか、ラオス政府と JICA は、有償資金協力の活用を念頭に置いたチナイモ浄水場の拡張にかかる実行可能性調査（F/S）を実施することで合意に達した。

1.2 調査の目的と調査対象地域

本調査の目的は、首都ビエンチャンの住民に安全で安定した水供給サービスをおこなうため、チナイモ浄水場の拡張を含む、首都ビエンチャン水道施設拡張のための F/S を実施することである。調査は首都ビエンチャン全域を対象とし、特に図 1.1 の「調査対象地域」に示すように、首都ビエンチャンの都市部における現在及び将来（2020 年）の計画給水区域を計画の対象地域とした。

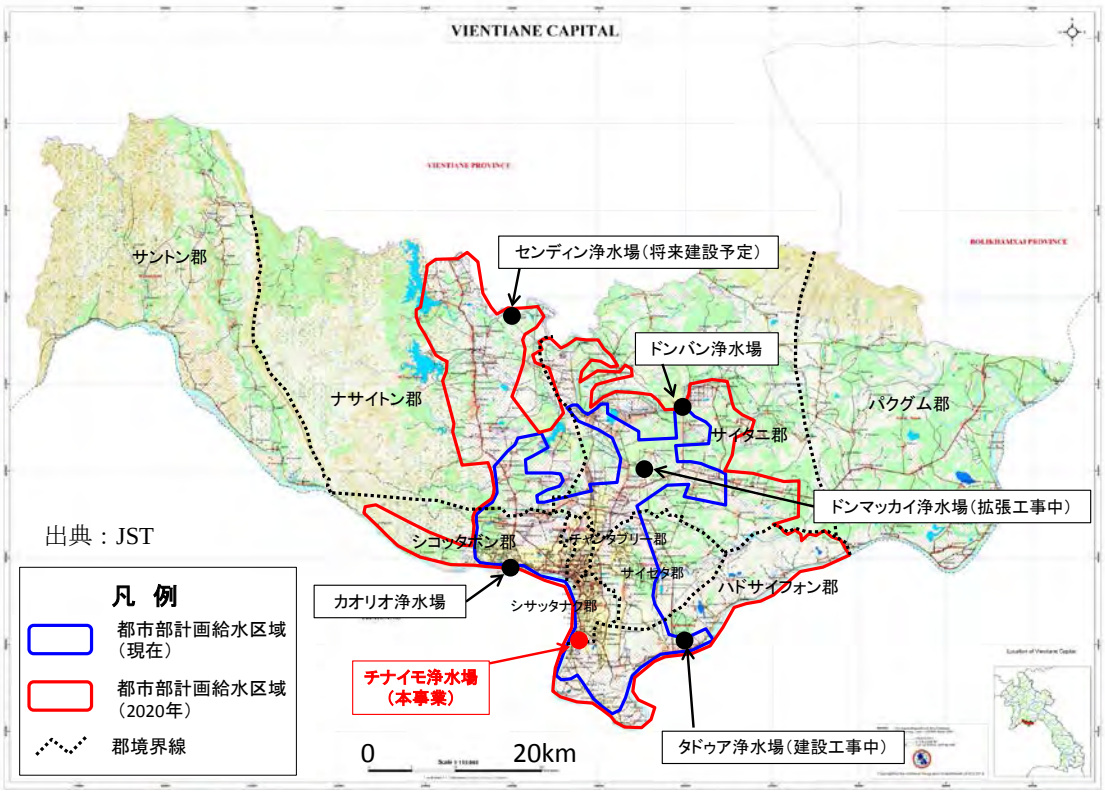


図　1.1　調査対象地域

1.3　調査スケジュール

本調査は、図 1.2 に示すように調査の全行程を現地作業と国内作業に分けて実施された。

年	2014						2015					
月	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
現地調査		1次現地調査			2次現地調査		3次現地調査		4次現地調査			
国内作業		国内準備作業		1次国内作業			2次国内作業		3次国内作業			
報告書作成		IC/R			IT/R			DF/R				F/R

IC/R: インセプションレポート, IT/R: インテリムレポート, DF/R: ドラフトファイナルレポート, F/R: ファイナルレポート

図　1.2　調査スケジュール

2. 調査対象地域の状況

2.1 自然状況

2.1.1 気候

首都ビエンチャンの気候は、東南アジア特有の熱帯モンスーン気候に分類され、モンスーン期（雨期）と乾期がある。雨期は 5 月から 10 月にかけて、乾期は 11 月から 4 月となる。月平均最高気温は 12 月の 28.47ºC から 4 月の 35.06 ºC である。また、月平均最低気温は 12 月の 18.23 ºC から 6 月の 25.61 ºC である。月平均降水量は 2 月の 7.5mm から 8 月の 435.2mm で年間平均降雨量は、1600～1750 ㎜である。約 87%の降雨量は、5 月から 9 月の間に発生する。

2.1.2 地形

首都ビエンチャンは、メコン河の左岸に沿って東西に延びる沖積平野に位置している。ビエンチャンの面積は約 3920 km^2 であり、標高は、都市の西部を除いて 160～180m である。西部は 180～650ｍの標高を持つ。

2.1.3 水文

首都ビエンチャンにはメコン河とナムグム川の二つの主な河河がある。ナムグム川は首都ビエンチャンの東側でメコン河に合流する。メコン河の平均流量は、雨期と乾期の間で大きく異なり、2010 年では、3 月に最低流量の 912.24m^3/秒（78,817,589.33 m^3 /日）を記録し、同年 9 月に 8908.79m^3/秒（769,715,950.80 m^3 /日）の最大流量を記録した。水深も乾期と雨期の間で 10m 以上と大きく変動する。メコン河の水質については、特に雨期で濁度が高い。原水濁度は、過去に 3,000 NTU 以上を記録している。

2.1.4 水理地質

ビエンチャン盆地はコラト高原にあるサコンナコン盆地の北部に位置している。海水面が高かった白亜紀に海水はコラト台地に流入した。そのため、首都ビエンチャンの地下の一部には塩の層や岩塩が存在している。塩の層は、一般にビエンチャン県南部の地下 50m から 200m に分布していることから、首都ビエンチャンでは、深井戸からの地下水の塩分濃度が高い傾向があり、場所によっては海水とほぼ同等の塩分濃度の水を汲み上げる深井戸もある。そのため、首都ビエンチャンの地下水は、水道水には適さない。

2.2 社会・環境状況

2.2.1 人口と行政

統計資料では首都ビエンチャンの人口は、2013 年で 854,069 人に達している。また、世帯数は 145,558 であり、表 2.1 に示すように、平均世帯人数は 5.5 人であった。

表 2.1　首都ビエンチャンの人口と世帯数 (2013)

No,.	郡名	人口	世帯数	世帯当たり人数（平均）
1.	チャンタブリー	71,878	12,254	5.9
2.	シコッタボン	109,096	20,638	5.3
3.	サイセタ	108,889	21,517	5.1
4.	シサッタナク	78,088	11,196	7.0
5.	ナサイトン	71,795	13,168	5.5
6.	サイタニ	183,838	32,771	5.6
7.	ハドサイフォン	90,662	18,217	5.0
8.	サントン	30,985	6,137	5.0
9.	パクグム	55,992	9,660	5.8
	その他	52,846	-	-
首都ビエンチャン		854,069	145,558	5.5

出典: 首都ビエンチャン統計資料、計画投資局

首都ビエンチャン水道公社（NPNL）による給水は、現在、全 9 郡 483 村のうち、263 村に渡っている。NPNL は、2020 年までに給水区域をさらに 124 村拡大する計画であり、これらの村は都市部と地方部に分類されている。表 2.2 では、「現在の給水区域村数」と「将来の拡張区域村数（2020)」および、「都市部の村数」と「地方部の村数」を色分けして示す。

表 2.2　計画給水区域の概要

No.	郡名	村数			
		現数	現在の給水区域	将来の拡張区域 (2020)	計画給水区域外の村
1.	チャンタブリー	30	30	0	0
2.	シコッタボン	60	57	3	0
3.	サイセタ	48	44	4	0
4.	シサッタナク	37	37	0	
5.	ナサイトン	54	13	41	0
6.	サイタニ	104	33	40	31
7.	ハドサイフォン	60	44	16	0
8.	サントン	37	3	8	26
9.	パクグム	53	2	12	39
	合計	483	263	124	96

：都市部の村（現在の給水区域）
：都市部の村（将来の拡張区域）
：地方部の村（現在の給水区域）
：地方部の村（将来の拡張区域）

出典: NPNL、なお上表は 2013 年時点の村数である。

2.2.2　土地利用

シサッタナク郡およびチャンタブリー郡においては、ほどんどの土地は住宅地として利用されている。サイセタ郡、シコッタボン郡においては、約 3-5 割の土地が住宅地として利用されており、残りの土地は水田および林地である。その他の郡においてはほとんどの土地が水田として利用されている。また、ラオス政府は都市機能の首都中心から郡部への分

散化および首都郊外においての工業化を進めており、新都市（ニュータウン）開発や経済特区[1]（SEZ）開発を推し進めている。

2.2.3　その他の社会経済及び環境状況

ラオスでは、1980 年代後半以降 90 年代後半にかけて、近隣 ASEAN 諸国の高成長に伴い、ラオスも順調な経済成長を続けた。1997 年のアジア経済危機の影響で 98 年の経済成長率は低下したが、1999 年以降は GDP 成長率 5~6%の堅調な成長を続け、近年では 7~8%の経済成長を達成している。

ラオス政府は 2008 年に特別経済区の創設を開始した。ラオスでは、2014 年 9 月時点で 10 個所の SEZ が存在した。SEZ は 2 種類の経済区、すなわち、特別経済区と特定経済区で構成される。このうち 5 個所は首都ビエンチャンに位置している。これらの SEZ は国内外の投資を誘引し、経済成長の原動力となることが期待されている。さらに、SEZ の完成時期に間に合い、水量が十分であれば、それらは公共水道の大口使用者となることが予想される。

2010-11 財政年度（10 月から翌 9 月）には、首都ビエンチャンの総観光客数は百万人（1,164,742）を越え、その後も観光客数は増加し続けている。観光客数の継続的な伸びによって、観光収入および関係産業もまた継続的に拡大している。

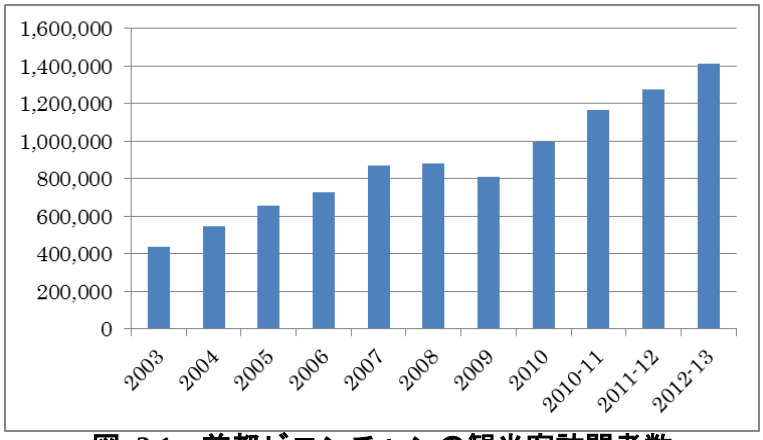


図 2.1　首都ビエンチャンの観光客訪問者数

出典：2010 ラオス国観光統計報告書（2003-2010）、及び首都ビエンチャン社会経済データ（2010-11 から 2012-13）

観光業は、外貨獲得と経済成長のみならず、雇用の創出という観点からも、首都ビエンチャンの最も重要な産業の一つである。

なお、事業候補地においては、文化遺産や遺跡は確認されなかった。

[1]経済特区は、特別経済区と特定経済区の 2 種類に分類される。特別経済区は 1,000ha 以上の面積を持ち、かつ国内外の投資を呼び込む為の機能を持つ街であり、一方、特定経済区は、工業、製造業、観光業、免税、IT、国境貿易等の特定の目的を持って開発される地区である。

3. 水道セクターの分析

3.1　水道セクターの現状と問題点

ラオス政府は、国内の給水事情と公衆衛生の改善に優先度を置き、2020 年までに都市部の水道普及率を 80%まで向上させることを目標として設定している。また、首都ビエンチャンでは、2020 年までに都市部の水道普及率を 90-95%にすることを目標に掲げている[2]。この目標達成及び持続的な水道事業のために、首都ビエンチャンの水道セクターでは、以下の問題に取り組む必要がある。

- 都市中心部の水道普及率は、2013 年で未だ 72%となっている。
- 2020 年までの計画給水区域拡張計画がある中、浄水場の生産能力が十分でない。
- 既存浄水場は、13-16%以上の過負荷運転を行っている。
- 水道に接続する 17%の家庭で、1 日 1 回以上断水（又は水圧不足）が発生している。
- 既存高架水槽が、長い間使われていない。
- 複数の給水地域で水圧が低い。
- 配水管の管径が十分でない場所がある。
- 管材によっては高い漏水がある（例えば老朽管、耐久性がない管材料の使用部など）。
- 使用されている管種が多い（メンテナンスの困難）。
- 配管工の十分なトレーニングと技能向上が必要である。
- 手動による配管ネットワーク管理がされている。
- 厳格な水道規制がない。

3.2　水道セクターの法律、政策、および計画

3.2.1　水道セクターの法的枠組み

1999 年に発行された首相決定 No.37「水道セクターと下水道セクターに関する管理と開発（PM Decision No.37）」では、上下水道セクターの主要行政機関の役割を規定している。中央レベルでは、公共事業運輸省（MPWT）が都市部の水供給の責務を負う。また、2009 年 7 月にラオス議会によって承認された水道法では、水供給に関連する法規を統合し公共事業サービスの向上ため、法整備を強化することを目指している。この法律は、都市部における水道システム構築のため、給水の規制や経営の原則を示している。

3.2.2　水道セクターの政策と計画

都市部の水道セクターの開発は公共事業運輸省（MPWT）によって担われ、農村部は保健省（MOH）の管轄となる。1999 年の首相決定 No.37 によれば、水道セクターの目標は、2020 年までに都市部人口の 80%に 24 時間安全な飲料水へのアクセスを提供とすることとなっている。この目標を達成するために、ラオス政府は、1999 年以降、首都ビエンチャン及びその他の県における都市部で水道施設を徐々に普及させ、また各地のスモールタウン[3]でも経済発展を支えるために水道施設整備の促進を行ってきた。

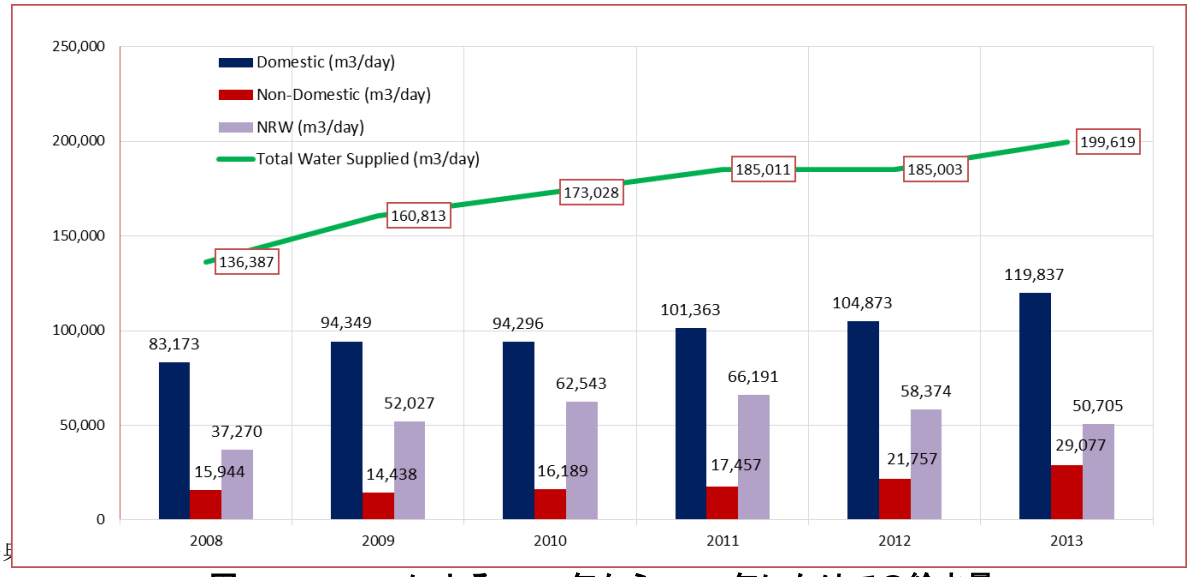
---

[2]第 5 回首都ビエンチャン人民革命党員委員会により合意された事項。

[3] スモールタウンは、都市部から外れた地方部に位置するが、その周辺一帯の集落に対して、公共・商業・物流サービスを提供できる地方拠点として、今後、都市部と同様に経済発展が見込まれる小都市である。

3.3　首都ビエンチャンの水需要

1999 年の首相決定 No.37 以降、首都ビエンチャン水道公社（NPNL）は給水人口の向上のために事業を推進している。水道普及率の向上とともに、給水量も増加し 2003 年に 136,387 m^3/日であったものが 2013 年には 199,619m^3/日となっている。図 3.1 に近年の首都ビエンチャン水道公社による給水量の増加を示す。また、水道普及率は 2005 年に 46% (約 287 千人)であったが、2013 年までの 8 年間で 72% (約 489 千人)となっている。



出典

図 3.1　NPNL による 2008 年から 2013 年にかけての給水量

3.4　既存水道施設の給水量および施設能力の現状

首都ビエンチャンの水道は、メコン河とナムグム川の二つの川を水源として、現在、4 個所で浄水場が稼働中である。図 3.2 にそれらの位置を示す。既存浄水場の合計処理能力は、180,000 m^3/日であるが、2013 年の実際の生産水量の記録によると複数の浄水場で過負荷運転が行われている。表 3.1 にて各浄水場の設計処理能力と 2013 年における処理量の実績を比較する。

表 3.1　既存浄水場の設計処理能力と実際の処理量の比較

浄水場名	設計処理能力 (m^3/日)	実際の生産水量(2013) (m^3/日)	浄水場の稼働率 (%)	稼働年	資金又はドナー名
チナイモ浄水場 (Chinaimo WTP)	80,000	93,272	116.6%	40,000 in 1983 + 40,000 in 1996	アジア開発銀行 本邦政府（無償）
カオリオ浄水場 (Kaoleio WTP)	60,000	68,084	113.5%	20,000 in 1964 + 40,000 in 2009	本邦政府（無償） 本邦政府（無償）
ドンマッカイ浄水場 (Dongmakkhay WTP)	20,000	22,992	115.0%	2006	ラオス政府
ドンバン浄水場 (Dongbang WTP)	20,000	15,271	76.0%	2009	NPNL 及びベトナム民間会社
Total	180,000	199,619	110.9%		

出典：NPNL

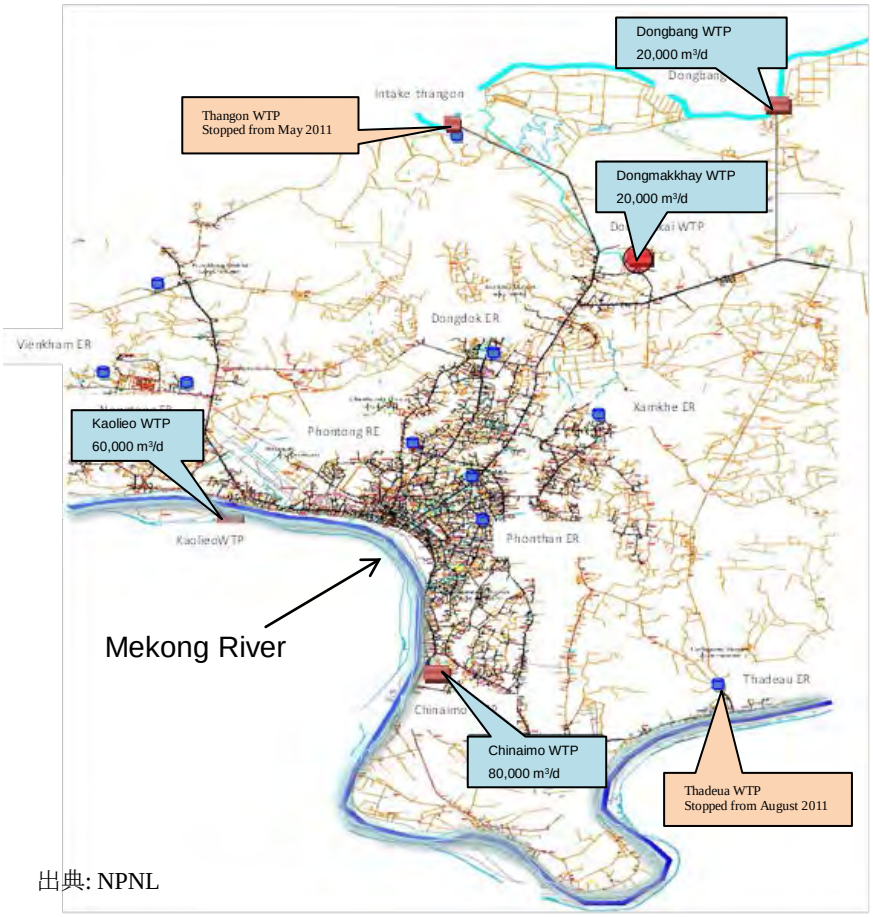


図 3.2　既存浄水場の位置

4 個所にある浄水場のうち、チナイモ浄水場とカオリオ浄水場では、それぞれ年間の日平均生産量として、16.6% および 13.5%の過負荷運転が行われている。ドンマッカイ浄水場についても同様に 15%の過負荷運転が行われている。一方、ドンバン浄水場では、設計能力の 76 % で稼働している。この理由は、原水の高濁度時に本処理場の上向流式沈澱池では、フロックのキャリーオーバーが多くなり、これを避けるため処理量を落とすことが必要なことと、浄水場からの送水管破裂事故が頻繁に起こり、その修理のため浄水場の運転を停止する必要があることによる。

3.5　無収水の現況

首都ビエンチャンの過去 6 年間の無収水（NRW）率の推移は、2010 年まで上昇し、36%に達したものの、その後 2011 年から減少してきており、2013 年には 25%となっている。

3.6　首都ビエンチャンの水道施設の全体的な基本構想

首都ビエンチャンの将来の全体的な水道施設整備計画についての NPNL の基本的な考えは以下に要約される。

1) 現状において給水量が不足あるいは給水圧が不足している地域、特にドンドック（Dongdok）大学や 150 床病院近隣およびサムケ（Xamkhe）高架水槽（ET）周辺、そして地盤が比較的高い地域 について、早急な給水の改善が行われなければならない。

2) 前述した SEZ や工業団地建設などの開発による将来の水需要の増大に対応するため、時宜を得た適切な水道施設整備を戦略的に実施していかなければならない。

3) 首都ビエンチャンの官庁や都市機能の中心が北部のタンゴン（Thangone）地区へと移転される計画であり、その方針に沿った水道整備が必要である。

3.7 首都ビエンチャンでの水道セクターにかかる現在のプロジェクト

首都ビエンチャンの都市部における水道セクターに関連する現在プロジェクトを表 3.2 に示す。

表 3.2 首都ビエンチャン水道セクターに関連する現在プロジェクトの概要

プロジェクト名	資金	備考	状況
首都ビエンチャン水道マスタープラン（WSM/P 2014）	AfD	首都ビエンチャン都市部の水道計画マスタープラン（計画目標年次 2030 年）	2014 年 9 月にファイナルレポートを作成・提出
GSP 更新事業– フェーズ II	AfD	既設管の更新プロジェクト	2013 年 11 月に終了
ドンマッカイ上水道拡張事業	中国輸銀	EPC によるドンマッカイ浄水場の拡張 (100,000 m^3/日) 及び配管整備	建設中、2015 年末に完成予定
首都ビエンチャン上水道拡張事業	JICA	チナイモ浄水場の拡張(フェーズ 1 で 40,000 m^3/日、さらにフェーズ 2 で 40,000 m^3/日) 及び配管整備	2015 年 6 月にファイナルレポートの作成・提出
水道公社事業管理能力向上プロジェクト	JICA	技術協力プロジェクト	実施中、2017 年 8 月まで実施予定
タドゥア給水事業	ラオス民間企業	BOT によるタドゥア浄水場の建設 (20,000 m^3/日) 及び配管整備	建設中、2016 年完成予定
センディン給水事業	ラオス民間企業	BOT によるセンディン浄水場の建設 (20,000 m^3/日) 及び配管整備	2015 年 7 月調印予定。2017 年より供与開始の予定。
ドンバン上水道拡張事業	検討中	ドンバン浄水場の拡張(20,000 m^3/日) 及び配管整備	ドナーの模索中。

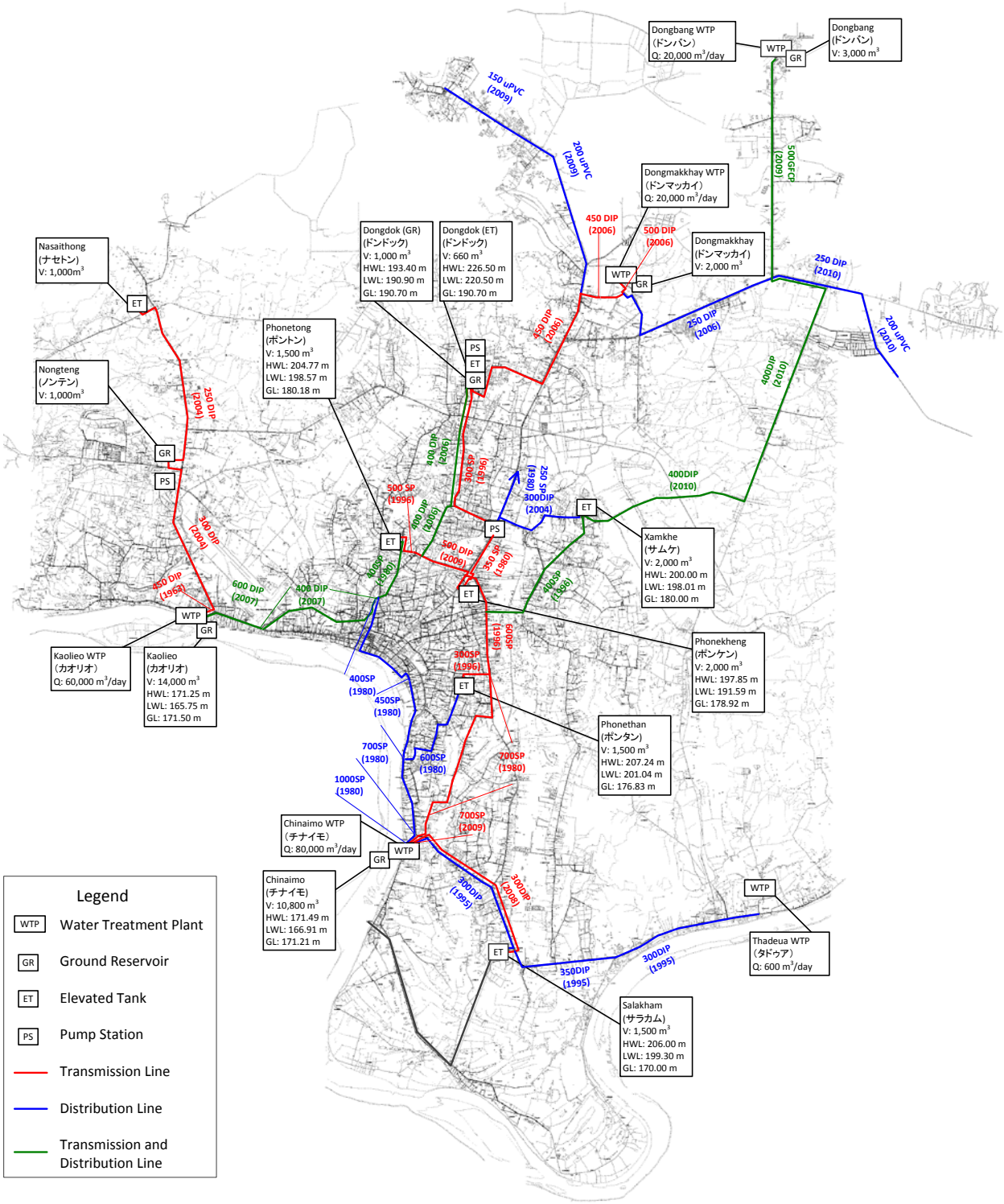
出典: JST

これらのプロジェクトの内容は、後述の 3.14、15 章に記載する。

3.8 首都ビエンチャンの既存水道施設

図 3.3 に首都ビエンチャンの主要水道施設の概要を示す。

都内 4 個所の浄水場で生産された水は一旦都内の各所に配置された高架水槽に送水され、そこから自然流下で配水する方式と浄水場から直接ポンプで配水する方式の二つの方式が併用されていたが、近年は給水量不足のため、高架水槽を経由せずに直接、浄水場から配水されている。



出典：NPNL データを基に JST 作成

図 3.3　首都ビエンチャンの主要既存水道施設の概要図

3.9　チナイモ浄水場の既存施設

チナイモ浄水場の既存施設の現在の状況を以下に要約する。

3.9.1　チナイモ浄水場の取水施設

取水施設構造物は、既に築造後 35 年以上が経過しているが、外観上主だったダメージ等は見られない。ただし、原水流入口には、河川の流下物のポンプ井内への流入を阻止するスクリーンが取り付けられていない。取水ポンプは合計 6 台設置されている。現地調査時においては、ポンプ No. 2, 3, 4 および 5 が稼働中であったが、異常な振動や騒音はなく正常に稼働している。ポンプの全吐出量は、管理棟に設置されているコントロールパネルに表示されるが、それによると 4,000 m^3/hr (96,000 m^3/日)が浄水場に導水されている。ポンプ No.1 のモーターが故障しており修理中であった。一方、2 台の水中モーターポンプは、1994 年に日本の無償資金協力により設置されたもので、これまで大きな故障がなく稼働していたが、2014 年 11 月の時点の現地調査では、1 台がモーター絶縁部の損傷により修理中となっていた。

3.9.2　チナイモ浄水場の処理施設

a. 着水井兼急速混和池

取水ポンプにより送られた原水は原水導水管を通り着水井に届けられ、着水井にある 4 つの堰によりに 4 つのフロック形成池へと分配される。使用されている凝集剤は硫酸バンドであるが、注入点は 1）導水管からの流出部に混和する方式と 2）4 つの堰落ちを利用し、その堰の直上部に硫酸バンドを滴下する方法、そして 3）導水管内のオリフィスを利用し、そこに直接注入する方式の 3 方式が選べるようになっているが、現在は、3）の導水管内への注入により運転している。

b. フロック形成池と沈澱池

凝集剤注入後、原水は 4 つのフロック形成池に送られ、そこでポリマーが注入され（原水が高濁度の場合）、上下迂流による水流による撹拌を受け、フロックが形成される。その後、原水の濁質と凝集剤により形成されたフロックは、横流式の沈澱池で沈降除去される。沈殿水は、沈澱池後方の取り出し施設で集められて、次の急速ろ過池に流入する。既存の処理施設で、低濁度のよい沈殿水が得られており、凝集から沈殿までの浄水プロセスは良好に運転されている。

c. ろ過池

ろ過池の方式は、共通流入・流出渠タイプで、流出側に流量一定制御のためのコントロール設備が設置されている。ろ過池は、全部で 8 池あるが、調査時においては、うち 1 池が下部集水装置の損傷のため、稼働していなかった。下部集水装置は、ポーラス・コンクリート・スラブであるが、ろ過池の洗浄後にまれに損傷することがあるとのことである。洗浄後にろ床板の下に空気だまりが残留する場合があり、空気弁の操作が十分でないためかは不明であるが、その空気が圧縮され損傷の原因になるのではと考えられている。ろ過池の流出側の流量コントロール設備は、いずれも稼働しており定速ろ過によりろ過プロセスはコントロールされている。ろ過池の逆洗設備として、2 台の逆洗ポンプと 2 台のエアブロアーが設置され、現在も稼働している。

d. 送水・配水ポンプ設備

チナイモ浄水場敷地内には、２ヶ所のポンプ場があり、ろ過流出渠に隣接された古いポンプ場と新しい配水池にある新配水ポンプ場がある。ポンプおよびブロアーとも状態はよく、送・配水量は、電磁流量計（2014 年 11 月に既設の故障中の超音波流量計を交換）により測定されている。

e. 受変電設備

受変電設備は全て十分に維持管理されており、稼働中である。現場調査の結果、電力会社からの電源供給は、ループ受電方式を採用しているため安定しており信頼性が高いことが分かった。

3.9.3 チナイモ浄水場の送配水施設

チナイモ浄水場では、当時送配水同一管であった幹線を、「ビエンチャン市上水道拡張計画（2006-2009）」によって、送・配水管の分離が行われた。この改良は、安定した送水量の確立と変動する配水量に対応することを目的として行われた。

3.9.4 電力状況

チナイモ浄水場への電力は、エネルギー鉱業省の監督下の国営企業である電力公社（EDL：Electricite du Laos 社）から供給を受けており、国の主要 115kV の送電グリッドから分岐した送電線から 2 方向からの 22kV の複数受電ができるようになっており、安定した受電を享受している。

3.10 運転維持管理

3.10.1 浄水場

既存浄水場の処理プロセスは、基本的に原水、沈澱池処理水、ろ過水の各水質をモニタリングし、浄水場の試験室のスタッフによるジャーテスト結果に基づく薬注率の設定を行い、運転管理されている。NPNL は一般的な横流式急速ろ過方式の浄水場の運転には長い経験を有しており、浄水場の最終処理水の水質は水質基準を満たし良好に維持されている。原水のメコン河の濁度は時に数千 NTU を超えるが、その状況でも最終処理水の水質は基準を満足している。

3.10.2 送水および配水ネットワーク

既存の配水ネットワークでは、適切な水圧での配水がネットワーク全域に亘って確保されておらず顧客に対して適正な水圧の水道水を提供できていない状況が発生している。これは、当面の増加する需要に対応しようと適切な水理検討をせずに無計画に小口径の管を布設してきたため、結果的にそれらがボトルネックとなり多くのエリアで水圧不足が生じているものと考えられる。また、浄水場からの送水量が需要に間に合わず、高架水槽に貯水されないため高架水槽をバイパスして直接配水管に繋げている状況であり、NPNL はネットワーク内のバルブの開閉で切り回そうとしているが、十分対応できない状況にある。

3.11 水道セクターの組織

ラオスの都市水道は、公共事業運輸省（MPWT）が管轄しており、都市水道に係る計画およびプログラムの策定、資金確保、都市水道施設の設計・施工、運転維持管理のためのガイドラインの策定、及び各県レベルの水道公社（PNP）に対する技術支援を行っている。MPWT 内では、これらの業務を、都市住宅計画局（DHUP）の水道課（WSD）が担っている。MPWT の下に設けられた水道規制委員会（WSRC）の役割は、公共及び民間の水道事業者の規制監督である。WSRC は、MPWT の副大臣を委員長とし、政府、民間セクター、

消費者、水道事業者を含む 9 名の委員から構成される。WSRC の事務局である水道規制室（WaSRO）は、規制計画や規制、ガイドラインの草案の作成と水道事業者の業績評価を行っている。

3.12 水道料金

水道料金表を表 3.3 に示す。この水道料金表は、首都ビエンチャン知事によって承認され、2014 年 8 月にビエンチャン水道局長によって施行された。同料金表には将来の料金についても記載されており、それらも同時に承認された。NPNL は 2018 年まで継続して毎年 3%から 5%の値上げを行う予定である。

表 3.3　NPNL の現在及び将来の水道料金（2014 年 9 月施行）

ｶﾃｺﾞﾘｰ	使用者の種類	各年の単価（LAK/m^3）				
		2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
		-	3%	3%	4%	5%
1	ｶﾃｺﾞﾘｰ 1: 家庭					
	1-10 m^3/月	1,300	1,339	1,379	1,434	1,560
	11-30 m^3/月	1,800	1,854	1,910	1,986	2,085
	31-50 m^3/月	2,300	2,369	2,440	2,538	2,665
	51m^3/月以上	2,800	2,884	2,970	3,089	3,244
2	ｶﾃｺﾞﾘｰ 2: 政府、大使館、国際機関等	2,300	2,369	2,440	2,538	2,665
3	ｶﾃｺﾞﾘｰ 3: 民間企業、事務所、工場、商店等	2,800	2,884	2,971	3,089	3,244

出典：Agreement No.900, dated 4 September 2014, Vientiane Capital Governor
注：上の水道料金は 2014 年 9 月から 2018 年まで適用される。

3.13 NPNL の財務分析

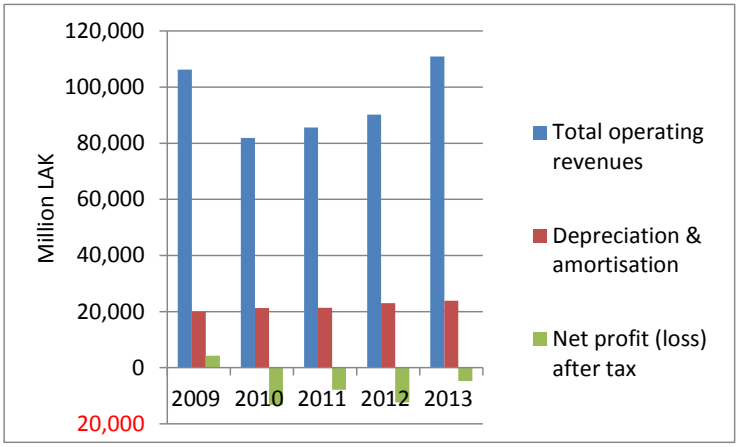
3.13.1 NPNL の経営状況

経営指標から、以下のような NPNL の経営状況がわかる。

- 無収水率は、いまだに 25%から 36%と高い。しかし、過去 3 年間では状況が改善してきている。
- 料金徴収率は、良好で近年さらに改善している。2009 年の請求金額は、料金値上げと引き下げに伴う混乱のために、入手できなかった。
- 1,000 給水栓当り職員数（5.49 から 6.97）は、他の途上国のデータ（7.2 から 8.3）に比べると比較的良好である。過去 5 年間で効率性は改善してきた。NPNL 職員の労働生産性は高く、顧客数に対する職員数は適正である。
- 平均料金は、2013 年に 1,815 LAK/m^3（0.23 USD）である。給水原価は、1,605 LAK/m^3（0.20 USD）である。
- 水消費量/顧客は、2010 年から 2012 年で約 44 m^3/月である。2013 年には 47 m^3/月に増加した。平均料金と請求金額/顧客もまた 2013 年に増加した。NPNL によると、特に非家庭用顧客の多くの水道メータが 2013 年に取り換えられ、その後、多くの非家庭用顧客の水使用量が正確に検針され、請求水量が増加したとのことである。顧客の水道メータの取り換えがこれらの指標の改善につながったと考えられる。

3.13.2 NPNL の財務状況

損失額（税引き後純損失）は各年の営業収入額の 4%から 16%である（図 3.4）。NPNL は純損失を計上している。しかし、費用項目が減価償却費を含んでおり、この額が各年の純損失よりも大きくなっている。減価償却費は会計手続きであり、実際の現金の支出ではないため、NPNL にはまだ一定のキャッシュフローがあるものと考えられる。



出典：JST

図 3.4　NPNL の営業収入と純損失（過去 5 年間）

3.14 関連する進行中の調査とプロジェクト

3.14.1 AfD 支援による水供給マスタープラン 2014

NPNL は、AfD の支援で首都ビエンチャン水供給マスタープラン 2014（WSM/P 2014）を作成している。WSM/P 2014 の目的は、以下のとおり。

- NPNL による 10 年規模の水道計画を作成すること
- 首都ビエンチャン水道システム（特に無収水対策）を見直すこと
- 優先プロジェクトの選定とアセットの試算
- 首都ビエンチャンにより承認された都市計画とのオーバーレイ
- 将来の水供給計画と開発方針の提案

3.14.2 AfD による既設管の布設替えプロジェクト

AfD は、2006 年から 2009 年に亘って実施された表 3.4 に示す JICA との協調支援として、5.2 百万ユーロのグラントプロジェクトである “Alimentation d’Eau Potable (AEP-II)”を実施した。既設管の更新は、このプロジェクトの一部として行われたものである。

表 3.4　JICA と AfD との協調支援によるプロジェクトのスコープの予算の配分

単位: 百万ユーロ

コンポーネント 1	スコープ	JICA	AfD	ラオス	合計
1.1	Expansion of Kaoleio WTP	12.57		0.28	12.85
1.2	Transmission & Distribution Mains	3.46	4.00	0.58	8.04
1.3	Consultant Services	1.12	0.25	0.08	1.45
1.4	Contingency	2.23	0.25	0.28	2.76
コンポーネント 2					
2.1	Billing System Establishment	-	0.45	0.05	0.50
2.2	GIS Development	-	0.15	0.05	0.20
2.3	Water meters procurement	-	0.15	0.05	0.20
2.4	Initial Sewerage Study	-	0.15	-	0.15
2.5	Contingency	-	0.10	-	0.10
Total		19.38	5.50	1.37	26.25

注記: コンポーネント 2.4（Initial Sewerage Study）は実施されなかった。

3.14.3 ドンマッカイ上水道拡張事業

給水システムの拡張工事が、現在、中国輸銀による融資事業として実施中である（2015 年 4 月現在）。本工事契約は、MPWT と China Yunnan Construction Engineering Group Co., Ltd. との間の EPC 契約によるもので、主なスコープは以下のとおりである。

- ナムグム川からの新たな取水施設の建設
- 原水導水管布設 (2 条、各 18.9 km、 口径 1000 mm、強化プラスティックモルタルパイプ (RPMP))
- 処理能力 100,000 m^3/日の浄水施設の新設
- 送水管布設 (19.5 km、口径 1200mm ~ 500mm、ダクタイル鋳鉄管)
- SCADA （Supervisory Control and Data Acquisition System）

3.14.4 JICA 支援による技術協力プロジェクト

技術協力プロジェクト「水道公社事業管理能力向上プロジェクト」は、2012 年の 8 月より開始し、2017 年 8 月まで実施される計画である。実施機関は公共事業運輸省（MPWT）の住宅・都市計画局（DHUP）であり、関係機関として、MPWT 内の水道規制事務局（WaSRO）や DHUP 内の水道課（WSD）、及び 3 つの水道公社（NPNL、ルアンプラバン水道公社: PNP-LP、カムアン県水道公社: PNP-KM）が含まれる。このプロジェクトの目的は、MPWT、NPNL、PNP-LP、PNP-KM を含む全国的な水道局の能力開発である。

プロジェクトは、次の 5 つのアプローチによって、MPWT、NPNL、PNP-LP、PNP-KM を含む全国的な水道当局の能力開発をめざしている。

1) パイロット水道公社で事業計画のためにデータ管理を強化すること
2) パイロット水道公社で長期、中期、短期経営企画に基づいた経営を確立すること
3) パイロット水道公社のパフォーマンスのモニタリングを強化すること
4) 事業計画上の新たな技術ガイドラインを作成すること
5) 新しい技術ガイドラインに関連する普及を展開すること

3.15 水道セクターにおける PPP によるプロジェクト

3.15.1 タドゥア給水事業

タドゥア給水事業は、ハドサイフォン郡における水道システムの構築である。給水量は 20,000m^3/日である。このプロジェクトは、ローカル民間企業 Vientiane Automation and Solution Engineering Company (VASE)の BOT によって行われる。プロジェクトのコンポーネントは次のとおり。

- 取水施設の建設：メコン河より取水 21,000m^3/日
- 浄水施設の建設：設計水量 20,000m^3/日、凝集、沈殿、ろ過、浄水池、ポンプ施設
- 配水施設の建設：配水本管、呼び径 250-600mm、延長 25,026m、及び配水支管（uPVC）延長 58,808m の布設（ただし、各戸接続は含まれない）

3.15.2 センディン給水事業

センディン給水事業はナサイトン郡での水道システムの構築である。給水量は20,000 m^3/日である。このプロジェクトは、ローカル民間企業 Asia Investiment and Sole Co., Ltd.（AIS）の BOT によって行われる。コンポーネントは次のとおり。

- 取水施設の建設：取水管（ナムグム川より）
- 浄水施設の建設：設計水量 20,000 m^3/日
- 配水施設の建設：高架水槽 2 ヶ所
- 浄水施設への導水管、送水管の布設：延長 5,500m
- 配水管の布設：延長 147,900m

3.15.3 ドンバン上水道拡張事業

既存のドンバン浄水場（20,000m^3/日）は、NPNL とベトナム民間会社（Mai Dong Company）によるビエンチャン水道システムで最初のジョイント・ベンチャープロジェクト（投資額 USD1000 万ドル）である。資本金は、NPNL が 51%を Mai Dong が 49%を出資し、浄水場は 2009 年以来運転されている。

3.16 水道施設の改善に係る長期計画

首都ビエンチャン水道マスタープラン（WSM/P 2014）は、AfD 支援によって、2030 年を目標年次として作成された。WSM/P 2014 から、NPNL による水道施設改善のための現在の長期計画は、表 3.5 に示す選択肢を提案している。

表 3.5　2030 年を目標とした 3 つのシナリオの主な技術的特徴

項目	オプション 1	オプション 2	オプション 3
水需要 (m^3/日)	373,000 m^3/日	408,000 m^3/日	408,000 m^3/日
配管拡張 (km) (> 呼び径 200 mm)	436 km	436 km	436 km
配管増強 (km)	60 km	99 km	135 km
浄水場拡張 (m^3/日)	既存: 180,000 ドンマッカイ: 100,000 チナイモ: 40,000 タドゥア: 20,000 センディン: 20,000 タンゴン*: 40,000 ノンダ*: 20,000 420,000	既存: 180,000 ドンマッカイ: 100,000 チナイモ: 40,000 タドゥア: 20,000 センディン: 20,000 タンゴン*: 40,000 ノンダ*: 20,000 420,000	既存: 180,000 ドンマッカイ: 100,000 チナイモ: 40,000 タドゥア: 20,000 センディン: 20,000 チナイモ*: 20,000 ドンバン*: 20,000 タドゥア*: 20,000 420,000
貯水量 (m^3)	10,000	50,000	25,000

出典: WSM/P 2014 を基に JST により作成
*: 2030 年までに、さらなる 60,000 m^3/日の生産量増加のため拡張が必要な浄水場

3.17 長期財務計画

NPNL は AfD の支援で財務計画（2030 年までの NPNL の財務分析と将来のビジネスプラン）を作成している。このビジネスプランは、たくさんの重要情報を NPNL に提供し、いくつかのアイデアはすでに実現された。しかし、次のような、不備も含んでいる。

- 改定前の水道料金が適用されている。

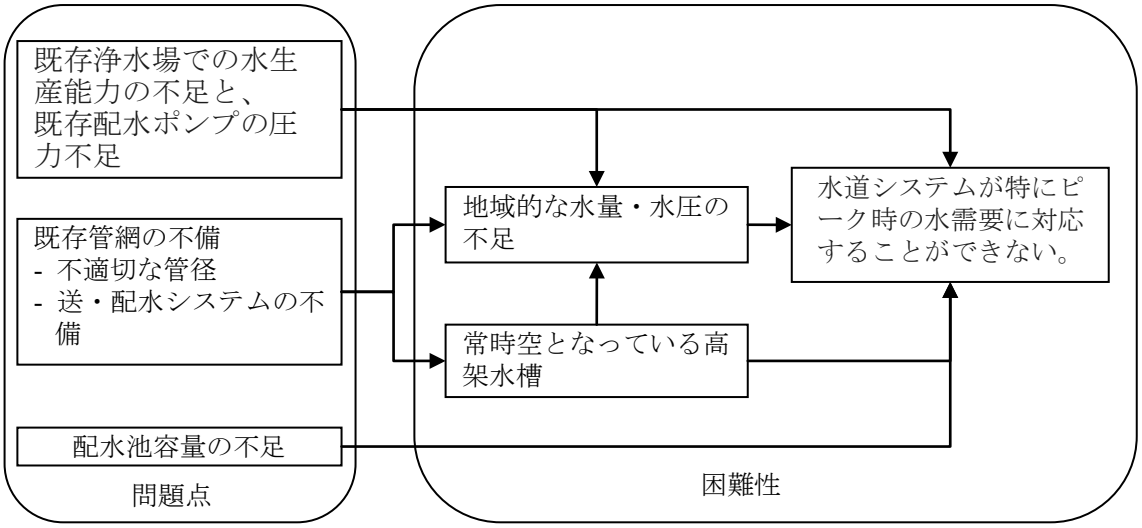
- 将来のすでに承認された水道料金値上げ（2015 年から 2018 年までの 4 回の値上げ）が予測に適用されていない（これらを加味すれば更に数値は良好になる。）。
- 現在建設中の NPNL の新事務所建設費用（301 億 LAK）がビジネスプランに反映されていない。

本調査の財務計画では、このビジネスプランの結果を尊重しつつ、上述の状況変化を考慮することが不可欠である。

3.18 現在の水道の状況の認識と評価

3.18.1 技術的側面

ビエンチャン水道システムにおける問題は、浄水場の生産能力不足、配水ポンプの圧力不足、配水管網の不備により頻繁に発生している複数の断水地域と低水圧地域、配水池容量の不足に、概ね要約される。よって、既存水道システムは、特にピーク時の水需要に適応することができていない。図 3.5 に技術的な観点から存在する水道システムの問題点を示す。



出典：JST

図 3.5　首都ビエンチャンにおける現水道システムの問題と解決の困難性

既存の総生産能力は 180,000 m^3/日である中、2013 年の日平均給水量は 199,000 m^3/日を超え、複数の浄水施設は、設計能力を超えて過負荷運転を続けている。水需要を満たし、安定した給水サービスを確保するためには、首都ビエンチャン水道システムにおいて浄水場生産能力の向上が急務である。

また、配水管網が都市中心部から郊外へと拡大される中、配水圧力がこれらの地域のために十分であるかどうか、ゾーニングを含めた検討が必要である。WSM/P 2014 でも、水量・水圧不足の原因は、既存管の不適当な（小さな）管径により、管路内で重大なヘッドロス（水頭損失）が発生していることを指摘している。

さらに、現在、既存の配水池容量は、12,560 m^3 であり、既存浄水場の設計容量（180,000 m^3 /日）に対して、2 時間にも満たない。配水池は、ピーク時の水需要に対する緩衝機能の役割を果たすため、今後の給水量の増量を鑑みても、増強が必要となる。

3.18.2 運営的側面

現在の無収水率は 25%であると報告されている。漏水率は現在測定できていないが、無収水の減少に効果的な対策を実行する上で、無収水の内訳を分析することが今後重要となる。NPNL は、2014 年にパイロットエリアで夜間最小流量の計測を始めたところであり、このようなパイロットエリアにおける経験を他の給水区域へ展開していくことで、更なる無収水の削減に貢献することが期待されている。

浄水場の過負荷率 110.9%は、首都ビエンチャンにおける水需要の急速な増大に対して浄水場施設の拡張計画の実施遅れを示唆している。処理過程が過負荷状態で運転された場合、給水水質が保証できなかったり、給水圧が低下したりして顧客の不満を増加する結果となる。

首都ビエンチャンに設置された既設パイプのほとんどは、1980 年代以降のものであることからこの老朽管の比率は現在は低いが、2020 年以降には、その割合は増加するとみられ、適切な管のアセットマネジメント計画を近い将来策定する必要がある。NPNL においては、現在 GIS の整備をしており、これにより既設管データが整理され、将来のアセットマネジメント計画の開発準備にも貢献することが期待さる。

給水水質のモニタリングは、現在、配水管網における 96 ポイントで月に 1 度検査されている。 モニタリング項目は、濁度、pH、残留塩素である。2013 年に検査した全サンプルにおいて、5.5%が飲用水水質基準を満たしていなかった。チナイモ浄水場の水質試験室によれば、給水圧が低くもしくは水がないために、いくつかの採水箇所では採水できていないが、このようなサンプルも不合格サンプルとして計上されるため、実際に水質基準を下回る比率は、5.5%より下回ると推測される。

首都ビエンチャンは地形的にほぼ平坦であるため、NPNL は 原水の取水から処理水の配水まですべてポンプに頼っている。NPNL が使用する年間電力使用量は、首都ビエンチャンの全使用量の約 1%を占めている。ポンプの最適な操作とあわせて高効率なポンプと操作システムの採用はポンプ施設の運転管理費を低減するのに重要となる。

顧客からの苦情件数は他国と比べて高い。水圧が非常に低いかゼロの給水地域があり、苦情の多くはこれらのエリアから寄せられていると推察される。苦情の内訳については分類化されておらず、現在、苦情数だけが把握されているが、顧客の苦情を水圧、水質、漏水等に分類することにより、NPNL が今後、問題を分析し適切な対策を取る手助けとなるであろう。

3.18.3 財務的側面

NPNL は 2010 年以降、顧客数と水使用量の増加により、特に 2013 年に営業収入を増加させてきた。しかし、水道料金改定が行われず、人件費と外注費が大きく増加した結果、過去 4 年間純損失を計上してきた。ただし、純損失の規模は、減価償却費よりも少ないため、NPNL はキャッシュフローの問題には直面していない。

財務指標の試算の結果、NPNL の負債総額と元本金利返済負担はまだ支払い能力範囲内にあると考えられた。新しい水道料金が 2014 年 10 月から導入されたため、2015 年以降は料金値上げに伴う収入増によって NPNL の財務状況が改善することが予想される。

3.18.4 人材的側面

首都ビエンチャン水道公社（NPNL）の職員は 53 名の非正規を含め 533 名である。職員の生産性は、一般的に 1,000 接続あたりの職員数として測定される。 NPNL の場合、1,000 接続あたりの職員数は 5.2 人であり、その生産性は国際的な標準（1,000 接続あたり 5 人）からみると、適切であるといえる。

人材育成に関しては、NPNL はチナイモ浄水場に隣接する（AfD からの支援により設立された）技術研修センターを所有しており、JICA も過去に技術協力プロジェクト「水道事業人材育成プロジェクト (2003-2006)」を通じたトレーナー養成、教科書作成などの NPNL の人材育成を支援している。

首相令（首相決定 No.37）によると、NPNL はラオスのすべての水道公社のトレーニングのための技術開発コースやワークショップを提供することを要求されている。また、NPNL はトレーニングマニュアルやスタッフの能力開発手法についても、各公社へ水平展開する責任を負っている。

これらの理由から、技術研修センターは NPNL だけでなく、ラオスのすべての水道公社が利用している。トレーナーのほとんどは、NPNL のスタッフであり、各水道公社は技術研修センターに研修料を支払うこととなっている。2013 年には、NPNL はトレーニングコースのために 244,197,727LAK を支払い、他の公社は合計で 75,966,000LAK を支払っている。NPNL は 2013 年に 475 人の職員の研修コースへ参加を計画したが、その年は 361 人が研修を受けるにとどまった。

他の水道公社と比較すれば、NPNL は多くの経験豊富で有能なスタッフを抱えているが、経験の少ない職員もまだ多くいることから、基本的なトレーニングが必要であることが指摘されている。特に保守管理にかかる技術者の数は限られており、故障した機器を迅速に修理することが困難な状況も見受けられる。このため、保守管理のアウトソーシングも、より効率的な方法として検討されるべきだろう。

4. 事業計画

4.1　2030 年までの水需要予測

NPNL は、4 個所の既設浄水場によって、都市部に水道水を供給しており、この都市部の将来計画給水区域は、7 郡に広がる。図 4.1 に現在と将来の計画給水区域を示す。本節では、この計画給水区域について言及する。

図 4.1　現在の給水区域と将来の計画給水区域

本調査では、2013 年の首都ビエンチャンの都市部における給水人口、水道普及率、一人当たりの水使用量、家庭用水量、非家庭用水量、無収水率、日平均水需要量、ピークファクター、日最大水受領量等のデータをベースラインとして整理し、その後、2030 年までの水需要を予測、算出した。2030 年までの水需要予測の概要を表 4.1 に示す。

表 4.1　水需要予測の概要

	単位	2013	2015	2020	2025	2030
首都ビエンチャン人口	人	854,069	906,082	1050,397	1,217,698	1,411,648
都市部の人口*	人	675,751	700,498	766,891	840,368	921,787
給水人口（都市部）	人	489,175	557,287	689,167	804,207	921,787
水道普及率	%	72%	80%	90%	96%	100%
1 人当たり水使用量	lpcd	245	245	245	245	245
家庭用水量	m^3/日	119,848	136,535	168,846	197,031	225,838
非家庭用水量	%	24%	27%	35%	45%	50%
	m^3/日	28,764	36,864	59,096	88,664	112,919
水需要量合計	m^3/日	148,612	173,399	227,942	285,695	338,757
無収水量 (NRW)	%	25%	25%	20%	15%	10%
	m^3/日	49,537	57,800	56,986	50,417	37,640
日平均水需要量	m^3/日	199,619	231,199	284,928	336,112	376,397
ピークファクター		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
日最大水需要量	m^3/日	216,600	254,300	313,400	369,700	414,000

*都市部の人口とは、将来計画給水地域の人口であり、7 郡（チャンタブリー郡、シコッタボン郡、サイセタ郡、シサッタナク郡、ナサイトン郡、サイタニ郡、およびハドサイフォン郡）に広がる計画給水区域（現在の給水区域と将来の拡張区域）の人口を示す。

4.2　水道施設の段階的整備計画

既存の浄水場能力の合計は、現在 180,000 m^3/日（チナイモ浄水場の 80,000 m^3/日、カオリオ浄水場の 60,000 m^3/日、ドンマッカイ浄水場の 20,000 m^3/日、ドンバン浄水場の 20,000 m^3/日）で

ある。ドンマッカイ浄水場拡張事業（100,000 m^3/日の拡張）は、現在工事中で 2015 年に完工予定であり、また、タドゥア浄水場（20,000 m^3/日）の建設も 2015 年 1 月より始まっており、2016 年に完工予定である。さらに、センディン浄水場（20,000 m^3/日）が 2017 年にも供与開始を予定している。これらを鑑みて、チナイモ浄水場の拡張にかかる整備計画を図 4.2 に示す。

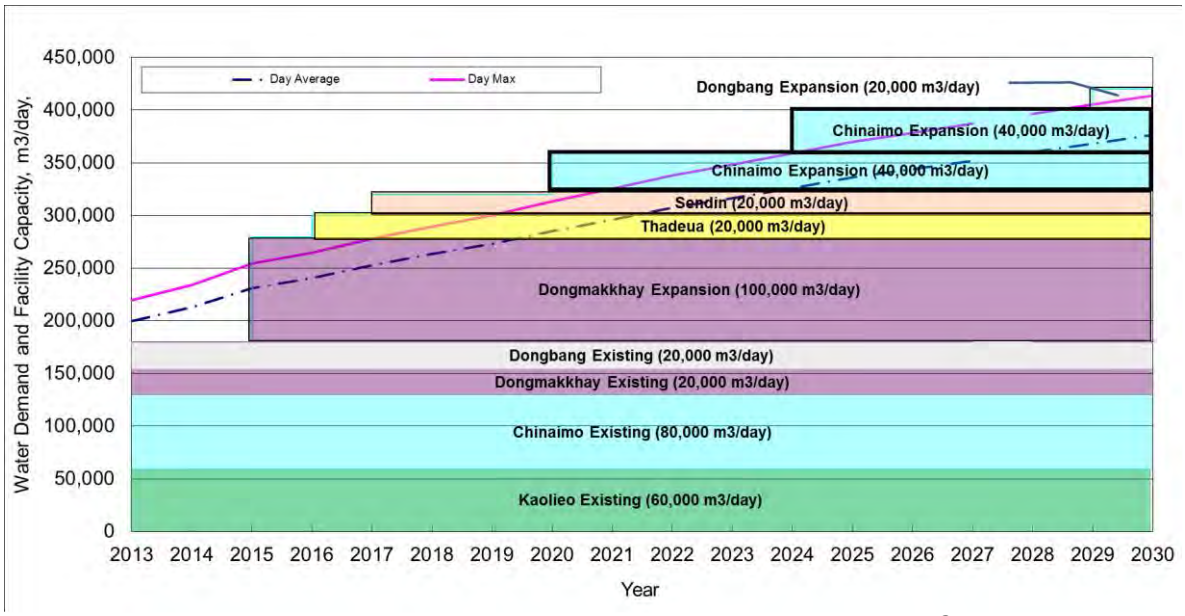


図 4.2　整備計画 (チナイモ浄水場の段階的拡張 80,000 m^3/日)

当初ラオス政府より要望があったチナイモ浄水場の拡張は 40,000 m^3/日であった。しかし、本調査での水需要予測の結果から、チナイモ浄水場を 2020 年までに 40,000 m^3/日拡張し、生産能力を 120,000 m^3/日に向上しても 2024 年以降に再び給水量が水需要量を下回り、水不足に陥ることが予想される。従って、チナイモ浄水場の拡張はフェーズ 1（2020 年までに 40,000 m^3/日の拡張）とフェーズ 2（2024 年までに、さらに 40,000 m^3/日の拡張）として段階的に現在の敷地内で最大限拡張可能な 160,000 m^3/日（合計 80,000 m^3/日の拡張）まで生産量を増加することを、ラオス政府と合意した。

段階的拡張をフェーズ 1 およびフェーズ 2 とし、概要を表 4.2 に示す。

表 4.2　フェーズ 1 とフェーズ 2 の概要

フェーズ	チナイモ浄水場の施設能力	備考
フェーズ 1	120, 000m^3/日	2020 年までに既設 80, 000 m^3/日に対して 40, 000 m^3/日の拡張
フェーズ 2	160, 000m^3/日	2024 年までに既設 120, 000 m^3/日に対して 40, 000 m^3/日の拡張

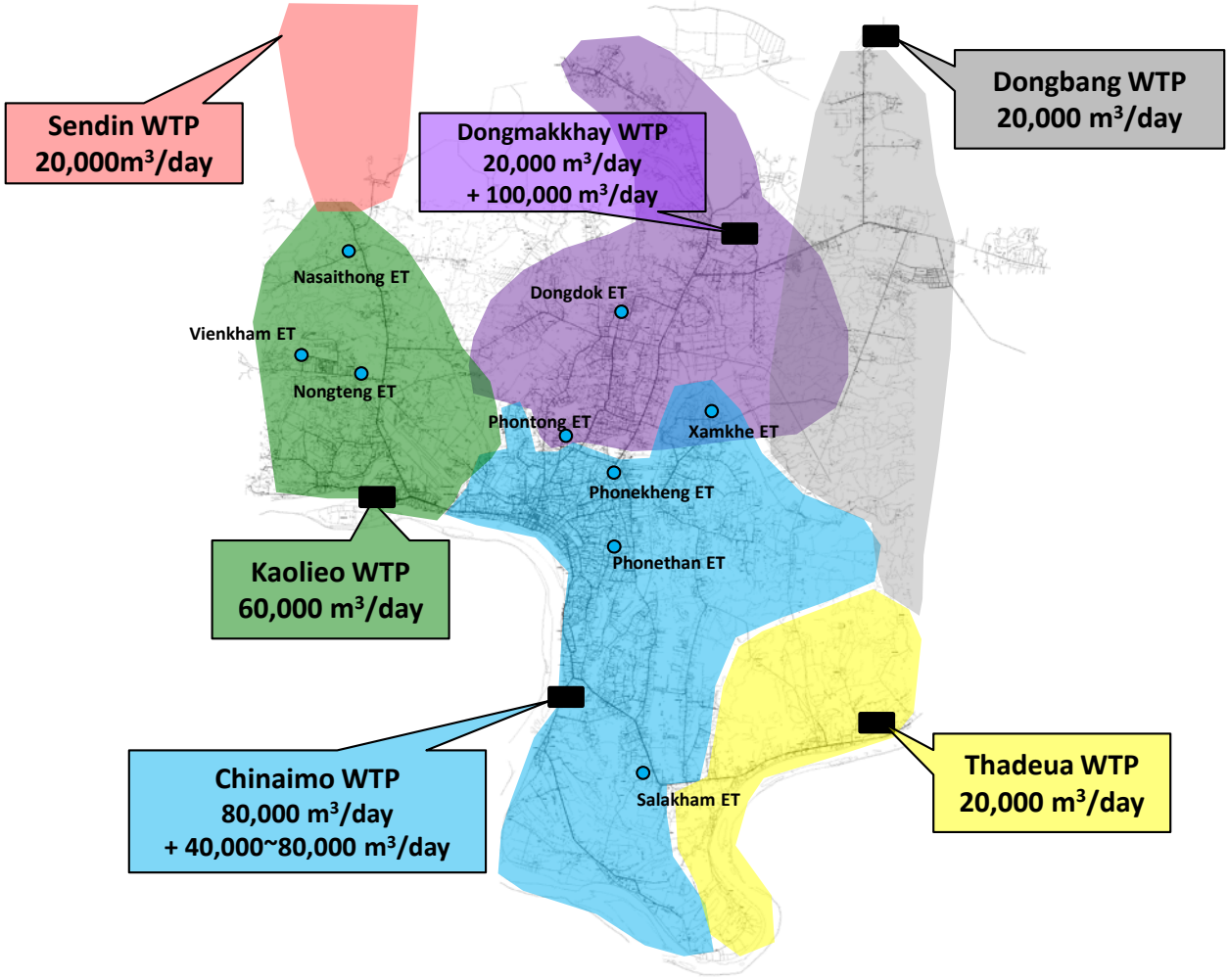
出典：JST 作成

4.3　拡張後のチナイモ浄水場及びその他の浄水場からの配水エリア

将来の各浄水場からの配水境界の基本的な考え方は、一般概念として図 4.3 に示されるように関係当局の間で理解されている。

チナイモ浄水場は、首都ビエンチャンの中心部だけでなく、サラカム高架水槽に向かうタドゥア道路に沿った地域等、首都ビエンチャン南部の主要な浄水場となる。首都ビエンチャン

中心部への水供給は直接ポンプ配水だけでなく、ポンタン高架水槽からも配水される。タートルアンニュータウンへもチナイモ浄水場から主に供給されることになる。



出典：JST

図 4.3　各浄水場による配水境界の将来計画

4.4　事業で拡張される水道施設の検討

首都ビエンチャンの水道システムの現況･問題点とチナイモ浄水場システムの現況を把握・考慮した上で、以下のような基本的コンセプトに基づき水道施設の拡張計画が検討された。

(1) チナイモ浄水場は 1980 年に当初 40,000 m^3/日の処理施設が運転を開始して以降、1993 – 1996 年に既存施設のリハビリと新たに 40,000m^3/日の処理施設の建設により処理能力が 80,000 m^3/日に拡張され、現在に至っている。当時設置されたポンプ等機械電気設備は、既に 25 ~40 年以上経過しているが、現在も利用されている。これらの機械電気設備を引き続き 2020 年以降さらに長期に亘って利用することについて、老朽化による停止やスペアパーツ入手の困難さ等の問題が懸念される。したがって、チナイモ浄水場の拡張にあたっては、2020 年以降も引き続き 80,000m^3/日の現有処理能力が維持されるために、これらの古いポンプ等機械電気設備を更新する必要がある。

(2) チナイモ浄水場の取水源はメコン河であるが、雨期には濁度が非常に高くなる傾向がある（過去の記録では 4000 NTU）。したがって、浄水処理施設の計画にあたっては、こうした高濁度に対しても安定した処理水質かつ処理量を年間を通して確保できるプロセスが必要である。

(3) また、メコン河の水位は年間で 10m 以上の変動があるため、取水ポンプ施設の計画にあたっては年間を通して一定の取水量を確保することが必要となる。

(4) 浄水場施設の計画にあたっては、今後の運転維持管理の容易性や向上を考慮して、必要であればろ過池や薬注設備等の既存施設の改良や改修の必要性も含むこととする。

(5) チナイモ浄水場の敷地が限られているため、施設の拡張についてはコンパクトな設計が望まれる。

(6) 配水システムについては高架水槽を利用し自然流下による配水するエリアとチナイモ浄水場からのポンプ圧送による直接配水によるエリアを区別する。既存のポンタン、サムケおよびサラカムの各高架水槽を有効に利用し、そこからの自然流下で配水するエリアを分離し配水コントロールを簡素化し、それ以外のエリアにおいてはチナイモ浄水場からの一定水圧制御によるポンプ圧送による配水とする。

(7) 送配水システムのコントロールについては、メンテナンス頻度が低くシンプルかつ信頼性の高い操作性を考慮したシステムを検討する。

4.5 事業の全体計画

段階的整備計画では、チナイモ浄水場は、2024 年までに、処理能力 160,000 m^3/日まで拡張される。また、拡張は、初期投資の縮減および水需要の伸びに対応して柔軟かつ時宜を得た整備を進めるため、前節 4.2 で示されたように、フェーズ 1 及びフェーズ 2 による段階的な整備を実施する。表 4.3 に、フェーズ 1 とフェーズ 2 における各コンポーネントの内容を示す。

表 4.3　各フェーズの事業スコープの主な内容

コンポーネント	フェーズ 1 の内容	フェーズ 2 の内容
1) チナイモ浄水場の原水取水ポンプ場の新設	• 取水施設土木構造物の建設 • 120,000 m^3/日浄水生産のための取水ポンプの設置 • 導水管の新設 • 受変電設備の新設	• 40,000 m^3/日の追加浄水生産のための取水ポンプの設置
2) チナイモ浄水場施設の拡張建設	• 40,000 m^3/日能力の浄水施設拡張建設(着水井、フロック形成池、沈澱池、ろ過池、薬注設備) • 受変電設備の新設 • 新規送配水ポンプ設備の設置 • 新規運転管理棟の建設 • 新規送配水ポンプ場の建設 • 新規薬注棟の建設 • 新規浄水池の建設 • 既存ろ過値の改造	• 40,000 m^3/日能力の浄水施設拡張建設(着水井、フロック形成池、沈澱池、ろ過池、薬注設備) • 送配水ポンプ設備の追加設置
3) サラカム配水センターの建設	• サラカム配水センターの建設（地上配水池の新設、揚水ポンプ設備の新設、高架水槽の新設）	• 揚水ポンプの追加設置
4) 送･配水管路施設の拡張	• サラカム配水センターへの送水管の新設（5,815 m） • 既存送水管からポンタンおよびサムケ高架水槽への分岐管の設置（885 m） • 配水管の設置（約 43 km）	• 配水管の設置（約 98 km）

出典：JST

5. 事業概要

5.1 施設計画

図 5.1 に、チナイモ取水ポンプ場とチナイモ浄水場の整備概要図を示す。

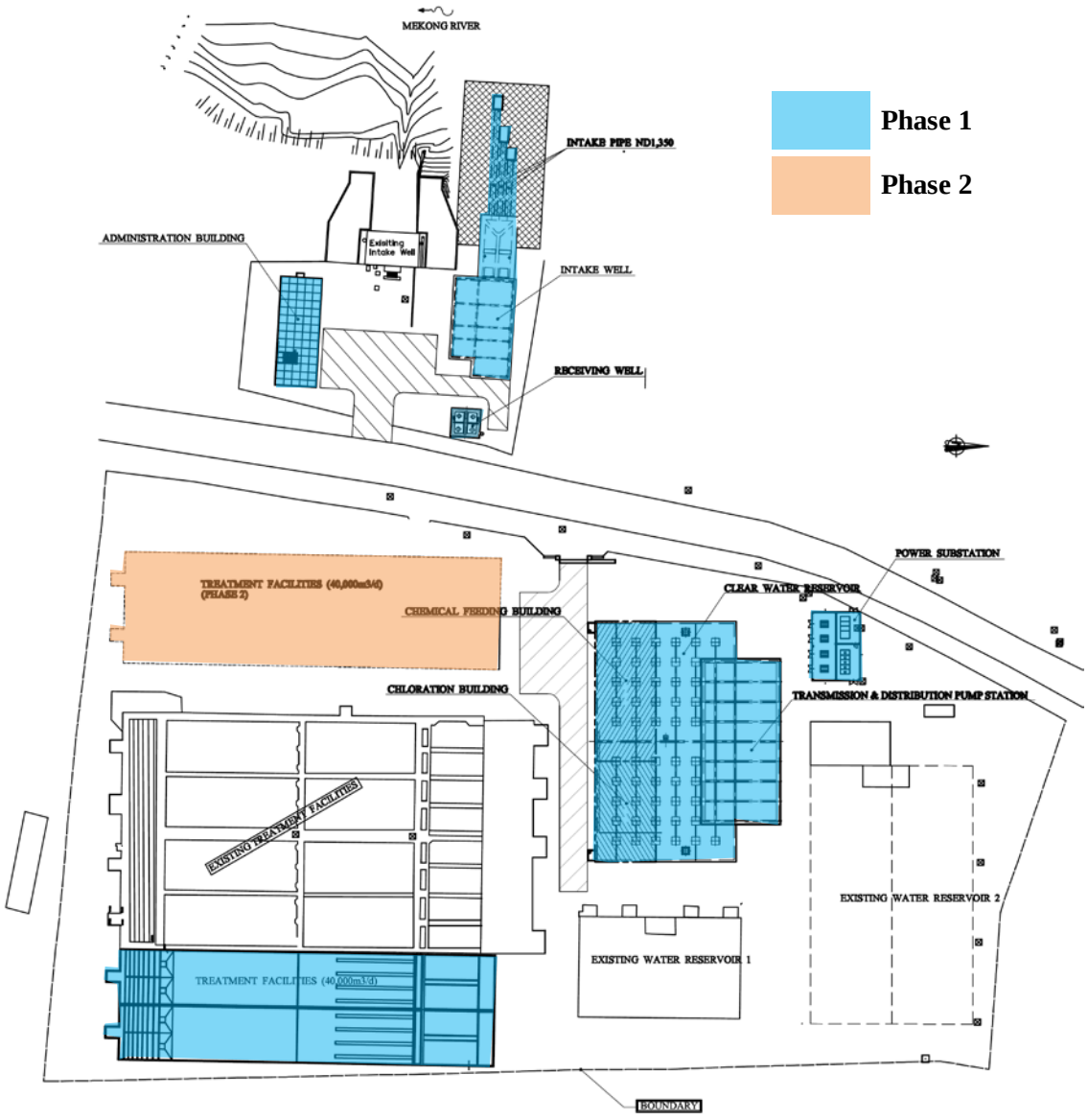
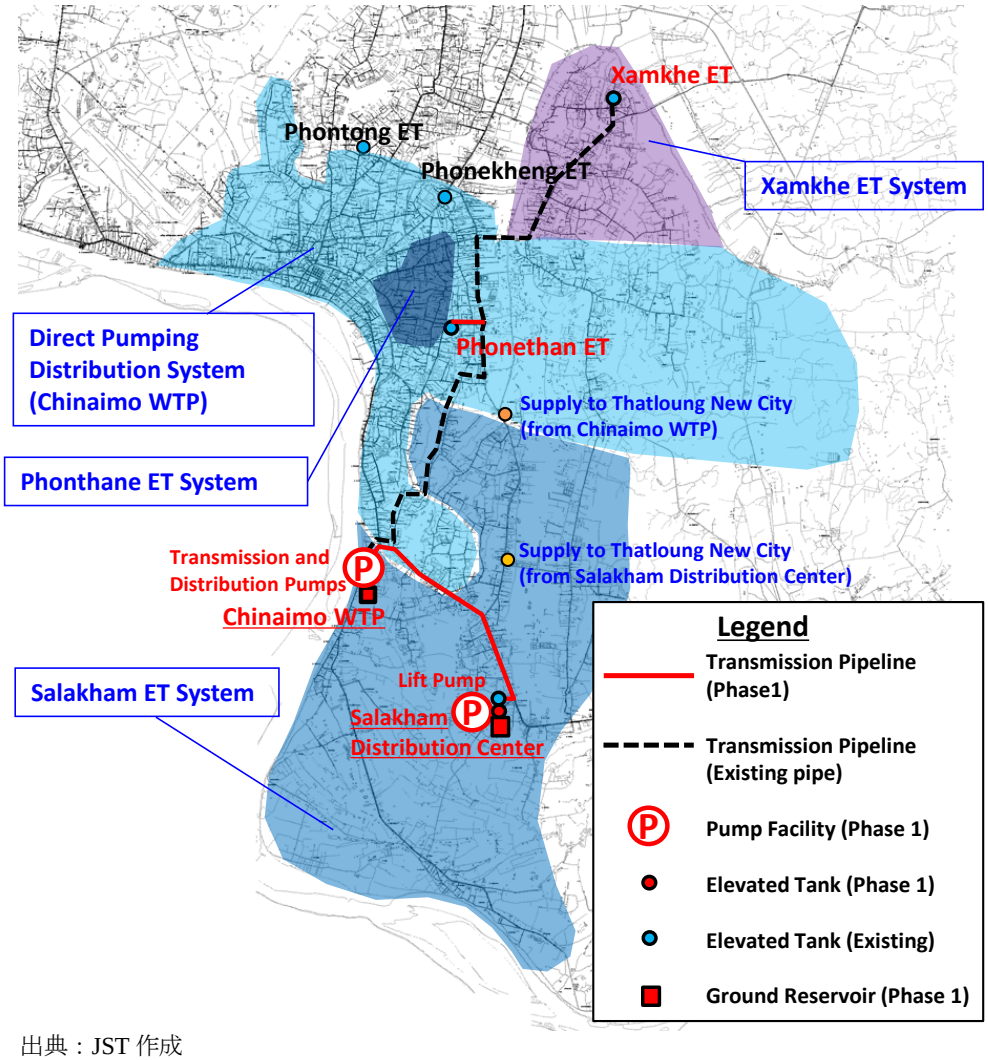


図 5.1　チナイモ浄水場拡張と取水ポンプ場拡張の配置図

図 5.2 では、チナイモ浄水場からの送配水システムの拡張の概略図を示す。送配水システムは、以下の三つのシステムからなる。

1) サムケおよびポンタン高架水槽への送水システム、及び両高架水槽からの配水システム
2) サラカム配水センターへの送水システムと同センターからの配水システム
3) チナイモ浄水場からの直接ポンプ配水システム



出典：JST 作成

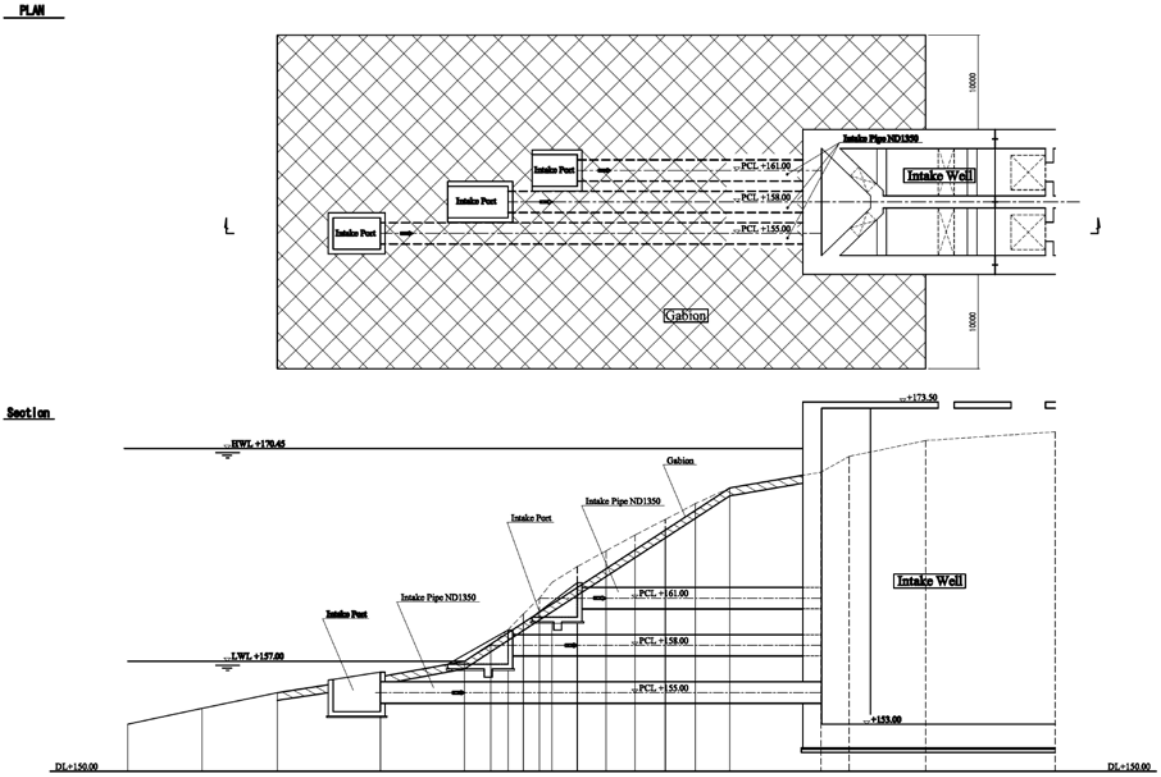
図 5.2　チナイモ浄水場からの送水システムおよび配水エリアの概略計画図

チナイモ浄水場からの送水管は 2 系統となり、一方は既存のポンタン高架水槽とサムケ高架水槽へ送水する系統で、もう一方は新たに設立されるサラカム配水センターへの送水系統である。

5.2　施設設計

5.2.1　チナイモ取水ポンプ場

図 5.3 に新規の取水ポンプ場の概略平面図と断面図を示す。



出典：JST

図 5.3　新規取水ポンプ場の概略平面図・断面図

表 5.1 に新設する取水ポンプの基本設計条件を示す。

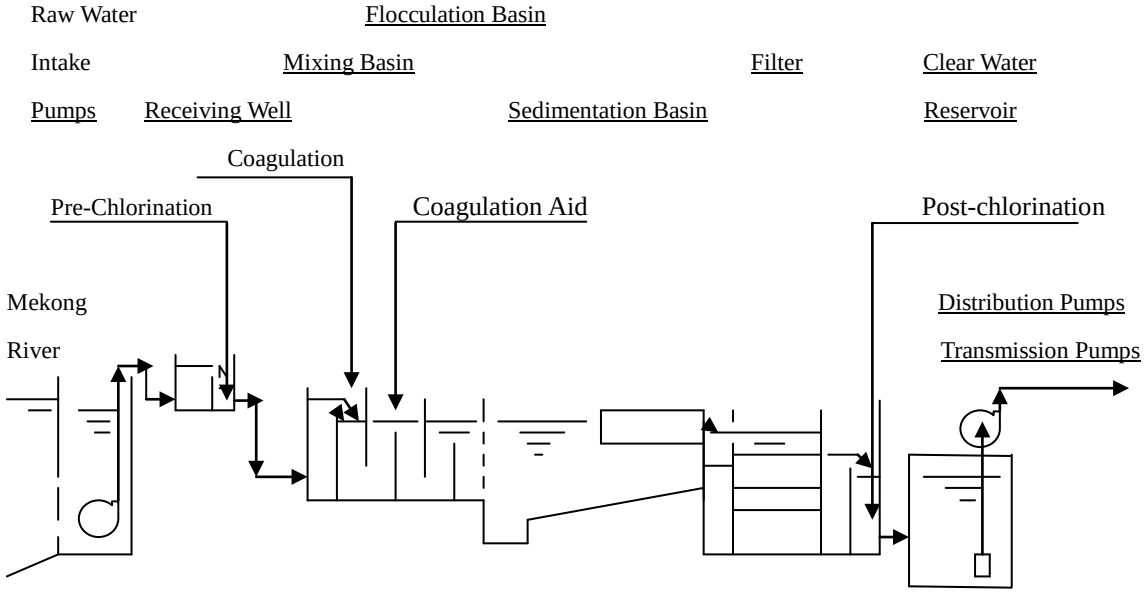
表 5.1　取水ポンプの基本設計条件

設計項目	容量	備考
ポンプ吐出量	127,400 m^3/日 (168,000 m^3/日)	Phase 1 (Phase 2)
最低吸込み水位	+157 m	LWL
平均吸込み水位	+164 m	設計ポンプ運転点として採用（メコン河の平均水位）
最大ポンプ実揚程	Max.: +19.5 m	新設着水井の水位（ 最低水位+157 m から+16.5 m）
吐出側パイプ損失水頭	1.5 m	
ポンプ周り損失水頭（余裕値）	1.0 m	
最大ポンプ全揚程	22 m	19.5 m + 1.5 m + 1.0 m= 20 m

出典：JST

5.2.2　チナイモ浄水場

チナイモ浄水場の拡張処理施設については、基本的に既存施設と同様の処理方式を採用した。その処理プロセスと薬品注入の概略フロー図を図 5.4 に示す。



出典：JST

図 5.4　新設チナイモ浄水場の処理プロセス・フロー図

チナイモ浄水場施設の基本設計諸元は表 5.2 に示す。

表 5.2　浄水施設の概要

施設名	寸法、形式、仕様
着水井（Receiving Well）	鉄筋コンクリート造 池数: 1 井 水位：HWL＋176.50m　　LWL+175.50m 滞留時間：T= 2min, 容量：V= 240 m^3
急速混和池（Rapid Mixing Basin）	鉄筋コンクリート造 池数: 1 池 (44,000 m^3/日) 撹拌方式: 水流による混和
フロック形成池（Flocculation Basin）	鉄筋コンクリート造 池数: 4 池 (44,000 m^3/日) 撹拌方式: 上下迂流式 滞留時間：T= 21min, 池内平均流速：V= 12.20 cm/s
沈澱池（Sedimentation Basin）	鉄筋コンクリート造 池数: 2 池(44,000 m^3/日) 表面負荷率：Q/A=17 mm/min、池内平均流速：V=0.38 m/min
ろ過池（Filter）	鉄筋コンクリート造 池数: 4 池 (44,000 m^3/日) ろ過面積: 1 池当たり 77 m^2, ろ過速度：V=143.00 m/日
逆洗ポンプ（Backwash Pumps）	型式: 封水式水中モーターポンプ 台数: 3 台(2 常用 ＋1 予備) 吐出量: 15.5 m^3/min, 吐出圧: 10 m, モーター出力 t: 45 kW
ブロアー（Blowers）	型式: ロータリータイプ、消音器付 台数: 2 台 (1 常用 ＋1 予備) 吐出量: 96 m^3/min, 吐出圧: 35 kPa, モーター出力: 110 kW
浄水池（Clear Water Reservoir）	鉄筋コンクリート造 池数：1 池 水位：HWL＋170.61m　　LWL+165.61m 有効容積：V=9,800 m^3 (4,900m^3 × 2)

出典：JST

5.2.3　送水および配水ポンプ設備

表 5.3 に、チナイモ浄水場から送配水される日平均流量、日最大流量、時間最大流量の基本流量を示す。

表 5.3　チナイモ浄水場からの基本設計流量

フェーズ	日平均流量 (日最大 x 1/1.1)	日最大流量	時間最大流量 (日最大 x 1.54)
フェーズ 1	109,000 m^3/日	120,000 m^3/日	185,000 m^3/日
フェーズ 2	145,000 m^3/日	160,000 m^3/日	246,000 m^3/日

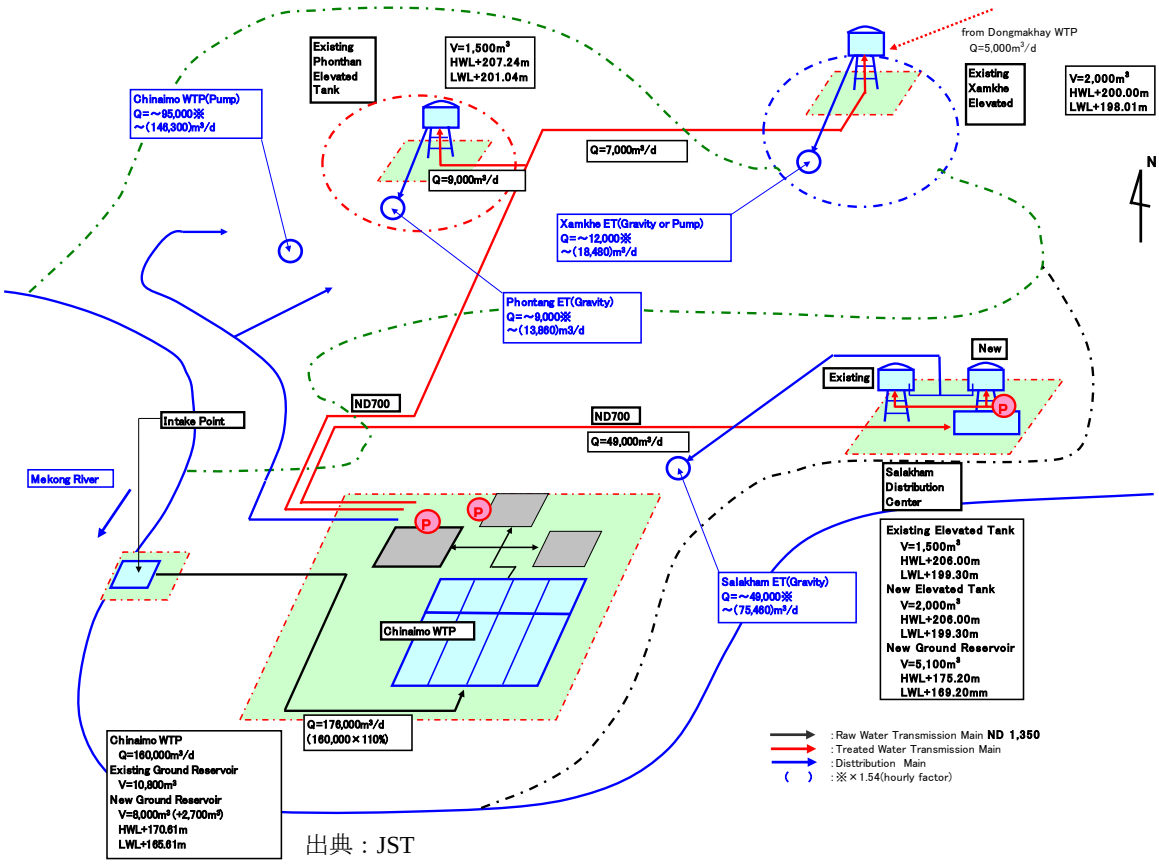
出典：JST

表 5.4 に、送水および配水系統に配分される流量を示す。 また、図 5.5 では、その送配水系統のフローを示す。

表 5.4　チナイモ浄水場送配水系統の各送配水量

	サムケ・ポンタン高架水槽への送水システム	サラカム配水センターへの送水システム	チナイモ浄水場から直接配水	合計
フェーズ 1（日最大流量）	12,000 m^3/日	37,000 m^3/日	71,000 m^3/日	120,000 m^3/日
フェーズ 2（日最大流量）	16,000 m^3/日	49,000 m^3/日	95,000 m^3/日	160,000 m^3/日

出典：JST

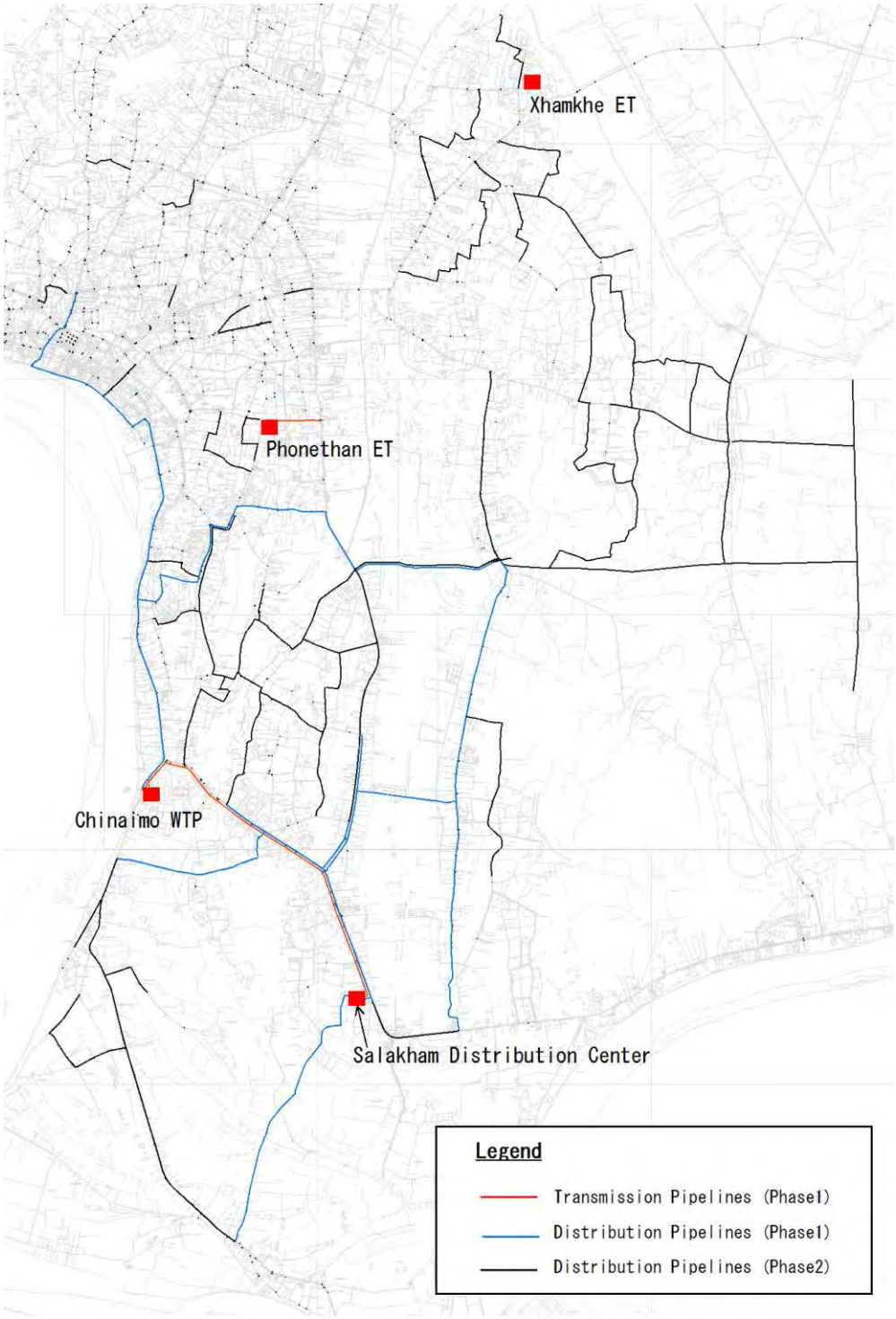


出典：JST

図 5.5　チナイモ浄水場からの送配水系統のフロー図

5.2.4　送配水管施設

本事業で、それぞれ布設される送水管および配水管の位置を図 5.6 に示す。また、それら送水管および配水管の口径別延長を表 5.5 に示す。



出典：JST 作成

図 5.6　本事業で布設される管路位置図（フェーズ 1 及び 2）

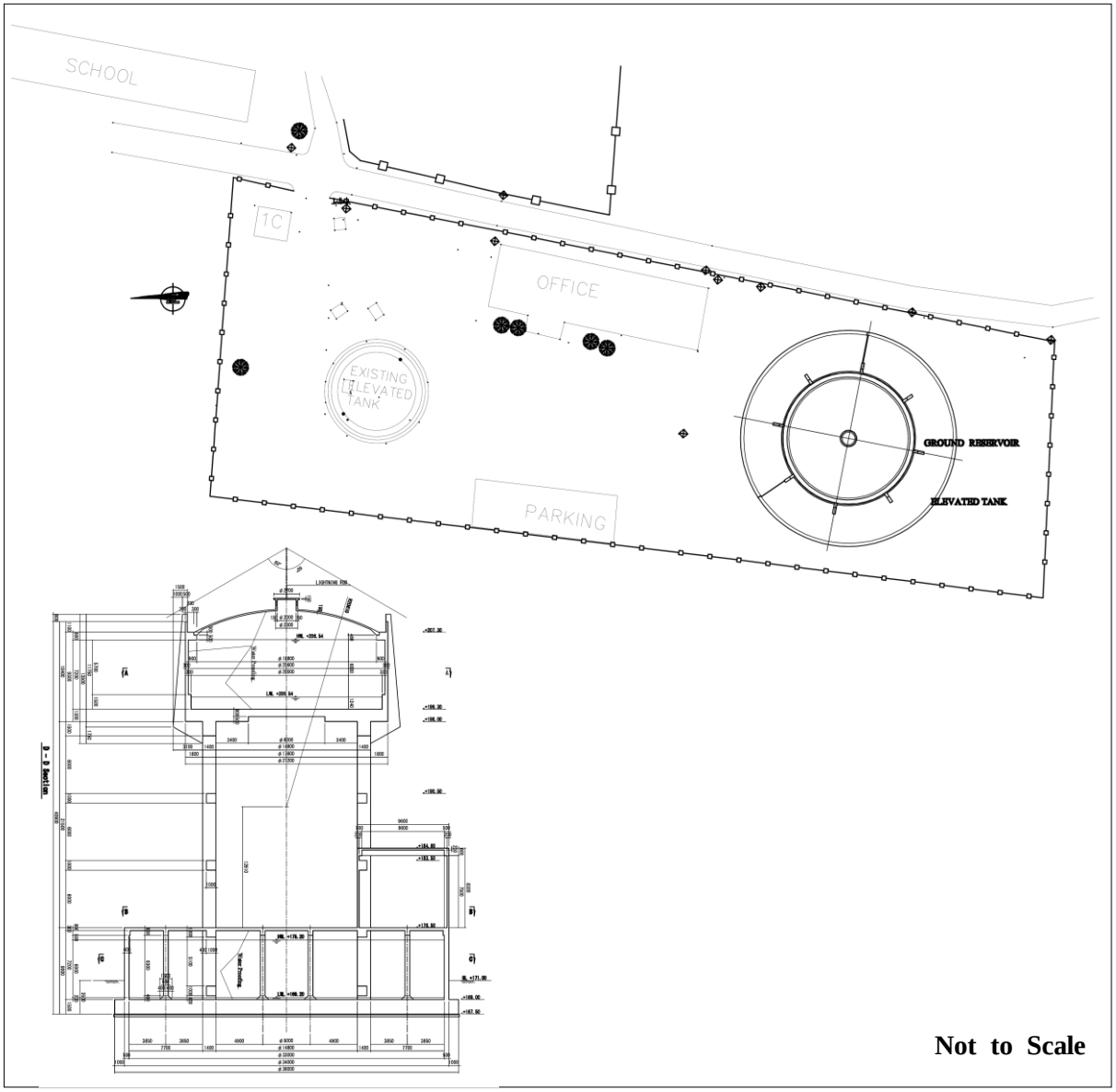
表 5.5　本事業で布設される管路の口径別延長

フェーズ	送水管 / 配水管	口径	管種	延長（m）
フェーズ 1	送水管	450	DIP	885
		700	DIP	5,815
	小計			6,700
	配水管	300	DIP	2,308
		350	DIP	6,221
		400	DIP	11,086
		500	DIP	724
		600	DIP	1,669
		700	DIP	2,031
		800	DIP	5,930
		1000	DIP	9,306
		1100	DIP	258
		1200	DIP	3,156
	小計			42,689
フェーズ 1 合計				49,389
フェーズ 2	配水管	150	DIP	29,643
		200	DIP	23,885
		250	DIP	9,677
		300	DIP	18,277
		350	DIP	6,856
		400	DIP	3,256
		450	DIP	210
		500	DIP	2,607
		600	DIP	845
		700	DIP	2,308
フェーズ 2 合計				97,564
フェーズ1、2合計				146,953

出典：JST 作成

各エリア（サラカム配水センターの配水エリア、チナイモ浄水場からのポンプ直送エリア）の口径・延長等の詳細については以降に示す。

図 5.7 にサラカム配水センターの平面図と新設する地下配水池および高架水槽を図示する。



出典：JST 作成

図 5.7　サラカム配水センターの平面配置図と新設地上配水池と高架水槽の断面図

チナイモ浄水場からサラカム高架水槽への送水は、新たに口径 700 mm 延長 5,825 m の送水管の設置により増強される。

また、サラカム配水センターからの配水は、既存の高架水槽および新設の高架水槽からの自然流下より送られる。表 5.6 にサラカム配水センターから配水されるゾーンに布設される送配水管の延長を示す。

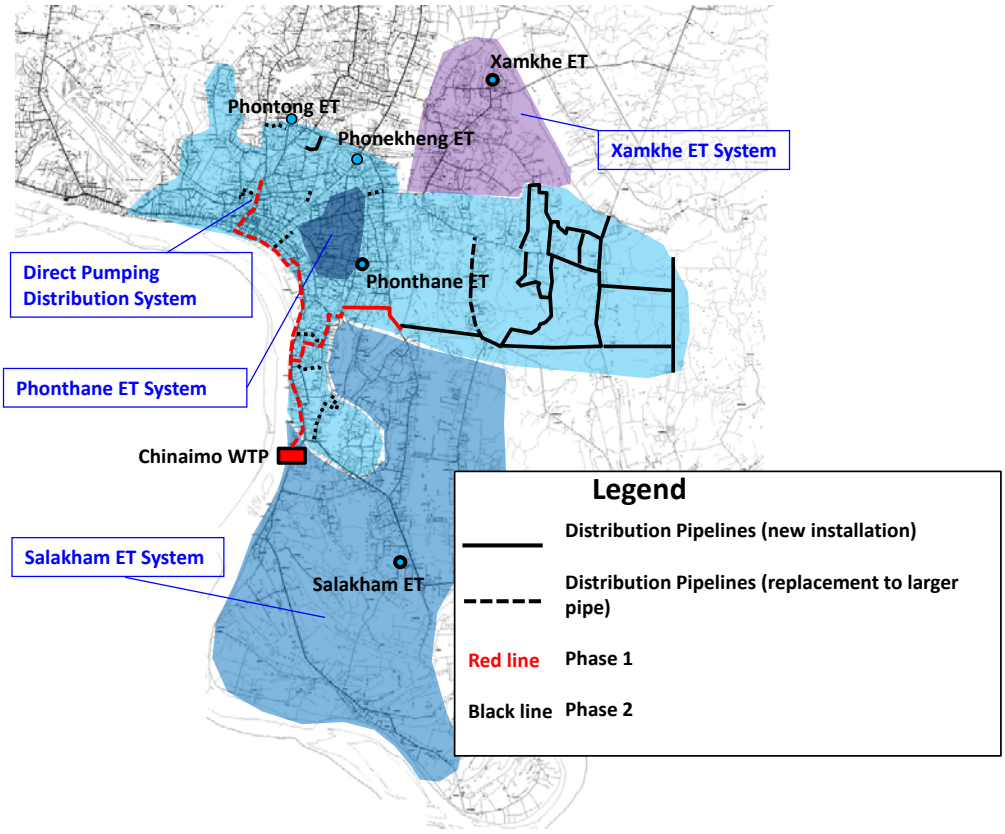
表 5.6　サラカム配水センターの配水ゾーンに布設される送配水管の口径、管種および延長

フェーズ	送水管 / 配水管	新設 / 布設替	口径	管種	延長 (m)
フェーズ１	送水管	布設替	700	DIP	5,815
	配水管	新設	300	DIP	2,308
			500	DIP	6,221
			600	DIP	10,209
			小計		18,738
		布設替	400	DIP	877
			500	DIP	724
			600	DIP	1,093
			800	DIP	1,341
			1000	DIP	2,224
			1100	DIP	258
			小計		6,517
		配水管　合計			25,255
	フェーズ１　合計				31,070
フェーズ２	配水管	新設	150	DIP	6,896
			200	DIP	6,879
			250	DIP	3,532
			300	DIP	2,408
			小計		19,715
		布設替	150	DIP	2,682
			200	DIP	420
			250	DIP	2,487
			300	DIP	6,765
			350	DIP	841
			400	DIP	1,679
			小計		14,874
	フェーズ２　合計				34,589
フェーズ１、２合計					65,659

出典：JST 作成

チナイモ浄水場から直接ポンプ圧送により配水されるゾーンにおいては、配水ネットワークの水理解析結果から、既存配水管の大口径管への布設替えや配水管の新たな布設が必要となる。

図 5.8 に、チナイモ浄水場からの配水管の布設替えが必要な区間と新たに新設の配水管が布設される区間を示す。



出典：JST 作成

図 5.8　配水管の布設替えおよび新設が必要な区間
（チナイモ浄水場から直接ポンプ圧送により配水されるゾーン）

図 5.8 で示されている配水管のリストを表 5.7 に示す

表 5.7　布設替えあるいは新設する配水管の口径、管種および延長
（チナイモ浄水場から直接ポンプ圧送により配水されるゾーン）

フェーズ	送水管 / 配水管	新設 / 布設替	口径	管種	延長 (m)
フェーズ 1	配水管	新設	1000	DIP	2,354
			小計		2,354
		布設替	600	DIP	576
			700	DIP	2,031
			800	DIP	4,589
			1000	DIP	4,728
			1200	DIP	3,156
			小計		15,080
	フェーズ 1　合計				17,434
フェーズ 2	配水管	新設	150	DIP	11,838
			200	DIP	13,112
			250	DIP	2,877
			300	DIP	1,623
			350	DIP	3,890
			400	DIP	714
			500	DIP	2,607
			600	DIP	845
			700	DIP	2,308
			Sub-Total		39,814
		布設替	150	DIP	1,539
			200	DIP	249
			300	DIP	698
			350	DIP	2,125
			400	DIP	863
			Sub-Total		5,474
	フェーズ 2　合計				45,288
フェーズ 1、2 合計					62,722

出典：JST 作成

5.3　事業で建設される施設の運転維持管理計画

本事業で建設される主な水道施設の運転維持管理計画は、前節の 4.4.2 で述べられた設計基本コンセプトとして計画されており、その運概略は、表 5.8 のようにまとめられる。

表 5.8　主な水道施設の運転維持管理計画

施設	運転	メンテナンス
取水スクリーン	• 基本的にタイマーあるいは水位設定による自動運転 • 日に 2 度（朝晩）のマニュアル運転による機能チェック	メーカーマニュアルに基づく機器メンテナンス
原水取水ポンプ	• 適切なシフト運転 • ポンプ吐出水圧のモニタリング	• N/A
原水取水ポンプ井	• 定期的な排泥	• N/A
混和池	• 堰落ちによる水流撹拌 • 硫酸バンド溶液の適当な希釈による均一な注入の維持	• 注入管のオリフィスの閉塞予防の洗浄
フロック形成池	• 上下迂流方式による水流撹拌 • 角落としによる撹拌強度調整	• 定期的な排泥
沈澱池	• 原水濁度状況に応じ、人力とフラッシュ用水による人力による排泥	• N/A
ろ過池	• ろ過水量のモニタリング • 水－空気洗浄の最適化 • 通常ろ過継続期間 24 時間の維持	• 砂層表面のろ過砂の定期的な振いとろ過砂の補充
硫酸バンド注入設備	• 適正なバンド溶液濃度の調整 • 適切な注入率の設定	• 薬注管のクリーニング
ポリマー注入設備	• 適正濃度のポリマー溶液の調整 • 適正な注入率の設定	• 薬注管のクリーニング
塩素注入設備	• 複数塩素ガスコンテナーのガス量および一定温度維持による運転 • 適正な注入率の設定 • 中和装置の定期的な試験運転	• 塩素ガス漏洩検知設備の定期的な点検
サラカム配水センターへの送水設備	• 自動あるいは手動による送水ポンプ場での送水量コントロール • ポンプの適切なシフト運転	• 封水用水の定期的点検
ポンタンおよびサムケ高架水槽への送水設備	• 自動あるいは手動による送水ポンプ場での送水量コントロール • ポンプの適切なシフト運転	• 封水用水の定期的点検
首都ビエンチャン市街地方面への配水ポンプ設備	• 適正配水圧のためのポンプ台数制御によるポンプ吐出圧コントロール	• ポンプケーシング頂頭部のエア弁によるエア抜き • グランド・パッキンの調整

N/A: Non Particular Maintenance Required
出典：JST

5.4　事業の全体費用

5.4.1　事業内容

フェーズ 1 とフェーズ 2 事業は、以下に示す拡張、更新、建設を含む。

1) チナイモ取水場の更新
2) チナイモ浄水場の拡張
3) サラカム配水センターの建設
4) 送配水管路の拡張
5) チナイモ浄水場　浄水施設の更新

5.4.2　工事費

上記内容に基づき算出した工事費（フェーズ 1 及び 2）を表 5.9 に示す。

表 5.9　工事費（フェーズ 1 及び 2）

施設	フェーズ 1			フェーズ 2			フェーズ 1・2 合計		
	FC (百万JPY)	LC (百万LAK)	小計 (百万JPY)	FC (百万JPY)	LC (百万LAK)	小計 (百万JPY)	FC (百万JPY)	LC (百万LAK)	小計 (百万JPY)
取水施設 (G)	221	14,930	444	1	307	6	223	15,237	450
取水ポンプ（機械）	387	484	394	122	121	124	508	605	517
取水ポンプ（電気）	244	484	251	83	121	85	327	605	336
浄水場拡張 (G)	138	37,257	693	67	18,132	338	206	55,389	1,031
送配水ポンプ（機械）	386	1,210	404	74	323	79	460	1,533	483
送配水ポンプ（電気）	485	1,210	503	31	323	36	516	1,533	539
薬注設備（機械）	251	726	262	18	162	20	269	888	282
薬注設備（電気）	97	726	108	2	162	5	100	888	113
監視システム	130	81	131	0	0	0	130	81	131
不断水工事	300	0	300	0	0	0	300	0	300
サラカム配水場 (G)	33	8,818	164	0	0	0	33	8,818	164
サラカム配水場のポンプ（機械）	156	81	157	31	20	31	187	101	188
サラカム配水場のポンプ（電気）	190	81	191	12	20	13	203	101	204
導水管 (G)	65	4,360	130	26	1,744	52	91	6,104	181
送水管 (G)	282	4,270	346	0	0	0	282	4,270	346
配水管 (G)	1,838	23,730	2,191	1,140	20,280	1,442	2,978	44,010	3,633
施設更新（ろ過池）	105	1,765	131	0	0	0	105	1,765	131
水質試験室の機器類	100	0	100	0	0	0	100	0	100
紛争裁定費用	25	0	25	25	0	25	49	0	49
合計	5,432	100,213	6,925	1,632	41,716	2,254	7,064	141,929	9,178

*(G): “General” を示し、土木工事、管路工事、建築工事を示す。
*(E): “Equipment” を示しポンプや関連する施設の機械工事、電気工事を示す。
出典：JST 作成

5.4.3　維持管理費

チナイモ浄水場とサラカム配水センターについて、2015 年から 2050 年までの維持管理費の算出結果を表 5.10 に示す。

表 5.10　維持管理費用

単位: LAK

年	チナイモ		サラカム		合計／年	合計／年	備考
	電気代＋薬品費	その他	電気代	その他	(LAK)	(JPY)	
2015	9,662,691,690	1,229,008,717	0	0	10,890,000,000	162,261,000	Chinaimo 80,000 m^3/day
2016	9,662,691,690	1,229,008,717	0	0	10,890,000,000	162,261,000	
2017	9,662,691,690	1,229,008,717	0	0	10,890,000,000	162,261,000	
2018	9,662,691,690	1,229,008,717	0	0	10,890,000,000	162,261,000	
2019	9,662,691,690	1,229,008,717	0	0	10,890,000,000	162,261,000	
2020	10,870,528,151	1,391,234,807	1,160,700,000	245,801,743	13,670,000,000	203,683,000	Chinaimo 120,000 m^3/day
2021	11,595,230,028	1,553,460,896	1,238,080,000	245,801,743	14,630,000,000	217,987,000	
2022	12,319,931,905	1,553,460,896	1,315,460,000	245,801,743	15,430,000,000	229,907,000	
2023	13,044,633,782	1,553,460,896	1,392,840,000	245,801,743	16,240,000,000	241,976,000	
2024	13,769,335,658	1,553,460,896	1,470,220,000	245,801,743	17,040,000,000	253,896,000	
2025	14,494,037,535	1,553,460,896	1,547,600,000	245,801,743	17,840,000,000	265,816,000	
2026	15,460,306,704	1,877,913,076	1,845,440,000	245,801,743	19,430,000,000	289,507,000	Chinaimo 160,000 m^3/day
2027	16,426,575,873	1,877,913,076	1,960,780,000	245,801,743	20,510,000,000	305,599,000	
2028	17,392,845,042	1,877,913,076	2,076,120,000	245,801,743	21,590,000,000	321,691,000	
2029	18,359,114,211	1,877,913,076	2,191,460,000	245,801,743	22,670,000,000	337,783,000	
2030	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2031	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2032	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2033	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2034	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2035	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2036	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2037	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2038	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2039	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2040	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2041	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2042	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2043	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2044	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2045	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2046	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2047	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2048	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2049	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
2050	19,325,383,380	1,877,913,076	2,306,800,000	245,801,743	23,760,000,000	354,024,000	
						1 LAK =	0.0149 JPY

出典：JST 作成

5.5　フェーズ 1 事業の概要

前節までは、チナイモ浄水場拡張にかかり必要な施設整備をフェーズ1及びフェーズ2に分けて計画した。本節では、フェーズ 1 事業を取り上げ検討する。

5.5.1　パッケージ案

フェーズ 1 事業内容について、工事内容や工事金額等を考慮して適切と考えられるパッケージ分類結果を表 5.11 に示す。

表 5.11　パッケージ（フェーズ 1）

パッケージ	対象施設	詳細	ICB/LCB
パッケージ 1	- 取水施設(G) - 導水管(G) - チナイモ浄水場 (G) - チナイモ浄水場 (E) - 水質分析室の機器類 - サラカム配水センター(G) - 送水管 (G) - 配水管 (G)	- 取水施設土木(160,000m^3/日) - 取水管（推進工法） - 導水管(360m) - チナイモ浄水場拡張(40,000m^3/日) - 管理棟 - 不断水工事 - チナイモ浄水場の機械電気施設（ポンプ施設類を除く薬注設備等） - 水質分析室の機器類 - 高架水槽（2000m^3）および地下式配水池（5,100 m^3） - 送水管(6,700m) - 配水管 (42,689m)	ICB
パッケージ 2	- 取水ポンプ(E) - 送配水ポンプ(E) - サラカム配水センターの揚水ポンプ(E) - 監視システム	- 取水ポンプと周辺設備 (120,000 m^3/日) - 送配水ポンプと周辺設備 (120,000 m^3/日) - 揚水ポンプと周辺設備 (37,000 m^3/日) - 監視システム	ICB

*(G): “General” を示し、土木、管路、建築を示す。
*(E): “Equipment” を示し、ポンプや関連施設の機械電気工事を示す。
出典：JST 作成

パッケージ 2 については、初期費用だけでなく電気代等も踏まえて、一定期間の運転を通して最も経済的な施設を導入することを目的として、LCC の考えに基づいた入札の実施を検討する

5.5.2　コンサルティングサービスの内容（案）

効果的なコンサルティングサービスを実施するために、コンサルティングサービスの仕様書に以下の内容を明記する必要がある。

詳細設計

- F/S および予備調査報告書を含む事業に関係する資料をレビューする。
- 事業で求められる事項を、事業実施機関と協議し明確にする。
- チナイモ取水場、チナイモ浄水場拡張、サラカム配水センター、および送配水管路建設のために測量調査、土質調査を実施する。
- チナイモ浄水場は、既存施設を稼働させたまま拡張する必要がある。既設の導水管から新設の導水管に切り替える際には不断水工法が必要となるため、浄水施設の運用に支障をきたさないことに留意して十分に検討を行う。
- 既存施設が稼働している状況下でチナイモ浄水場の拡張工事を実施するため、工事により不意に既存施設に影響を与えないよう、浄水場と既存送配水管路に対して試掘調査を実施する。

入札支援

- 事前資格審査
- 入札図書の準備
- 入札評価
- 契約交渉

※パッケージ２については、LCC の考えに基づいた LCC 入札評価の導入が検討されているため、これに関する支援も行う。

施工監理

- コントラクターから提案される工事スケジュールのレビュー
- 工事の進捗を確認し、必要に応じてコントラクターに工事スケジュールの修正指示
- 進捗協議における事業実施主体の支援
- コントラクターから提出される製作図（施工図）のレビューおよび承認
- 出来高の確認と支払いのための手続き支援
- 工事状況の確認
- 工事費用の進捗管理および支援（出来高確認により施工会社に支払われた工事費用の進捗管理および支援）
- 契約変更における事業実施主体への助言
- 土木工事および機械電気設備設置作業の施工監理および品質確保
- コントラクターが提出する維持管理マニュアルと竣工図の確認および承認

能力育成

- チナイモ浄水場拡張に伴い必要となる維持管理トレーニングプログラムを作成し、NPNL 対象職員にトレーニングを実施する。

5.5.3　概算事業費

フェーズ 1 事業の概算事業費算出結果を表 5.12 に示す。

表 5.12　概算事業費算出結果（フェーズ 1）

項目	合計				割合
	外貨	内貨	合計	合計	
	百万 JPY	百万 LAK	百万 JPY	百万 USD	
A. 借款対象分	7,266	179,097	9,934	82.5	92%
Ⅰ）調達／工事	6,472	149,750	8,703	72.3	-
工事費	5,432	100,213	6,925	57.5	-
パッケージ1	3,454	96,582	4,893	40.6	-
パッケージ2	1,978	3,630	2,032	16.9	-
物価変動予備費	452	35,924	987	8.2	-
物理的予備費	588	13,614	791	6.6	-
Ⅱ）コンサルティングサービス	794	29,347	1,231	10.2	-
ベースコスト	710	21,688	1,033	8.6	-
物価変動予備費	45	6,261	139	1.2	-
物理的予備費	38	1,397	59	0.5	-
B. 借款非対象分	0	52,593	784	6.5	7%
a 調達／工事	0	0	0	0.0	-
b 土地収用	0	0	0	0.0	-
c 管理費	0	33,336	497	4.1	-
d 付加価値税	0	17,910	267	2.2	-
e 輸入関税	0	0	0	0.0	-
f フロントエンドフィー	0	1,347	20	0.2	-
C.　建中金利（借款対象）	103.1	0.0	103.1	1.1	1%
i 建中金利（調達／工事）	102.8	0.0	102.8	0.9	-
ii 建中金利（コンサルティングサービス）	0.3	0.0	0.3	0.3	-
総事業費　（A＋B＋C）	7,369	231,690	10,821	90.1	100%
D.　JICA借款対象額合計（A + C）	7,369	179,097	10,037	83.6	93%

出典：JST 作成

5.5.4　妥当性検証のための類似案件との事業費比較

算出した概算事業費の妥当性を検証するために類似案件との比較を行う。比較対象案件を表 5.13 に示す。

表 5.13　類似案件プロジェクトリスト

対象国	主な対象箇所	浄水処理能力 (m^3/日)	事業費 (百万円/百万 USD)	備考
ラオス	チナイモ	40,000 (拡張)	10,821 百万円（90.1 百万 USD）	本事業
	カオリオ [1)]	40,000 (拡張)	2,870 百万円	日本の無償資金協力(2005)
	タケク [2)]	15,000 (新設)	1,560 百万円	日本の無償資金協力(2013)
	ドンマッカイ [3)]	100,000（拡張）	78.6 百万 USD	Export-Import Bank of China からの融資（2011 年に F/S 実施）
カンボジア	ニロート	130,000（新設）	6,352 百万円	日本とフランスによる協調融資（2008～2013）
	コンポンチャム [4)]	11,500 (新設)	3,360 百万円	日本の無償資金協力(2013)
	バッタンバン [4)]	22,000 (新設)		
インド	サラウリム [5)]	100,000 (拡張)	14,778 百万円（126 百万 USD）	日本の有償資金協力（2006 年に F/S 実施）

出典：JST 作成

表 5.13 に示したプロジェクトは類似案件ではあるものの、以下の理由から事業費のみによる単純な比較はできない。

- 本事業は、単純な 40,000 m^3/日 の拡張ではなく、既存施設（80,000 m^3/日）の機械電気施設の更新を含んでいる。
- 取水施設（土木）は、既存施設の更新とフェーズ２の水量も踏まえて、160,000m^3／日の施設を新たに建設する。
- 管路の口径や延長はプロジェクトごとに異なる。

5.5.5　更新費

フェーズ 1 事業で建設された施設の 2050 年までの土木、機械電気設備の施設更新費を表 5.14 に示す。

表 5.14　2050 年までの更新費（フェーズ 1 施設）

年	更新費用 (百万円)	更新費用 （百万 LAK※）	チナイモ浄水場の浄水容量
2015	-	-	80,000m^3/日
2016	-	-	-
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	-	-
2020	-	-	120,000m^3/日
2021	-	-	-
2022	-	-	-
2023	-	-	-
2024	-	-	-
2025	-	-	-
2026	-	-	160,000m^3/日
2027	-	-	-
2028	-	-	-
2029	-	-	-
2030	-	-	-
2031	6.2	416	-
2032	6.2	416	-
2033	6.2	416	-
2034	6.2	416	-
2035	832.2	55,852	-
2036	6.2	416	-
2037	6.2	416	-
2038	6.2	416	-
2039	6.2	416	-
2040	832.2	55,852	-
2041	6.2	416	-
2042	6.2	416	-
2043	6.2	416	-
2044	6.2	416	-
2045	6.2	416	-
2046	6.2	416	-
2047	6.2	416	-
2048	6.2	416	-
2049	6.2	416	-
2050	6.2	416	-
合計	1,776.0	119,192	

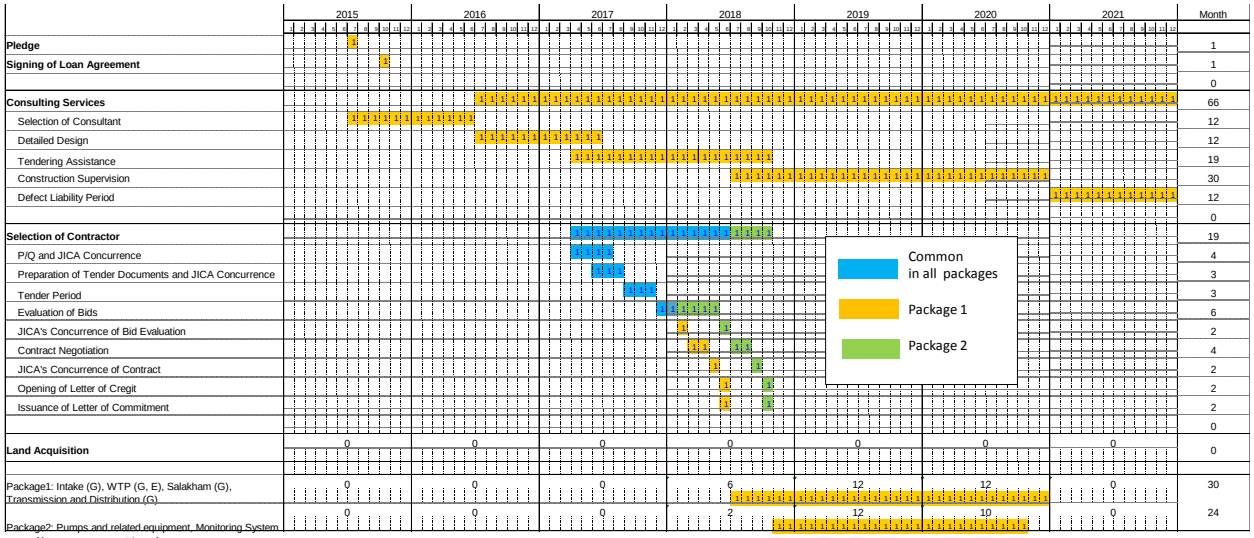
※1LAK=0.0149JPY

出典：JST 作成

5.5.6　事業実施スケジュール

フェーズ 1 事業の事業実施スケジュールを表 5.15 に示す。

表 5.15　事業実施スケジュール（フェーズ 1）



出典：JST 作成

5.5.7　施工計画

(1)　全般

チナイモ取水場・浄水場、サラカム配水センターについては、既存施設を運用しながらの工事となるため、運用方法を熟知し、かつ工事範囲の既存施設（配管、配線等）位置を試掘等により把握した上で工事を実施する。場内配管について、構造物との取り合い部には鋳鉄製および鋼製の伸縮可とう管を用いる。

(2)　取水施設

取水施設について、現地は既存取水施設に隣接した狭隘な用地であるため、躯体築造にあたって土留めを施す。土工事の掘削は機械（バックホウ及びクラムシェル）で行う。取水管の布設は普通推進工法（刃口元押し工法）により行う。推進工法施工の発進立坑は取水井築造時の仮締切を利用する。到達立坑はメコン河堤外地（河川内）を仮締切により築造する。仮締切は遮水性に優れる鋼矢板を土留め壁とし、鋼製（H 形鋼他）支保で支える構造とする。取水管の施工後、メコン河の護岸整備工事を実施する必要がある。護岸整備は堤体法面の洗掘、滑りによる崩壊防止する重要な工事である。

(3)　浄水施設

第一期工事の浄水施設の拡張工事は、軍用地側となり、拡張施設は現況のチナイモ浄水場用地境界近くまで必要とするため、工事期間中に隣接する軍用地を借地する必要がある。借地幅は 5~10m 程度で、境界にあるフェンスの撤去復旧工事が必要となる。なお、軍用地には建物があるが、この建物には影響を与えないよう配慮する。導水管や浄水施設拡張に

伴う配管工事については、既存施設を運用しながらの工事となるため、既設導水管等の切り替え工事には不断水工法を適用する。

(4)　送配水管路

NPNL のガイドライン※を踏襲し、口径φ300mm以上はダクタイル鋳鉄管、φ250mm以下についてもダクタイル鋳鉄管を用いる。（※NPNL のガイドラインでは、250mm 以下の配水管にはダクタイル鋳鉄管、若しくは uPVC 管を用いることとしている。本事業で布設する配水管は配水上全て重要な管路であるため、ダクタイル鋳鉄管を用いることとする。）布設工法は開削工法とする。安全確保の目的で土留めを適用する。適用条件は、これまでのNPNL による工事実績を踏まえて掘削深度が 2.0m 以上となる場合に土留めを使用する。2.0m 未満の場合は素掘りとする。

5.5.8　工事資機材の調達計画、調達方法

本事業実施に必要となる建設材料のうち、下記については建設業者が輸入調達する必要がある。そのほかのセメント、砕石、レンガ、砂、木材、合板、コンクリートブロック、フェンス、蛇かご、くぎ、ガソリン、軽油、潤滑油、足場材等は現地調達が可能である。

(1)　輸入調達材料

- 機械（ポンプ、モーター、流量計、バルブ類、可とう継手　等）
- 電気全般
- 管材（ダクタイル鋳鉄管）
- 鋼材（仮設材）

(2)　海外調達が必要となる建設方法

- 推進工法（取水管工事に必要となる）
- 不断水工法（既設浄水場を運用しながらの浄水場拡張工事に必要となる）

6. 環境社会配慮

6.1 環境に係る要件

当該事業は、ラオス法令 Ministerial Agreement on the Endorsement and Promulgation of List of Investment Projects and Activities Requiring for Conducting the Initial Environment Examination or Environmental and Social Impact Assessment (No.8056/MoNRE 2013)の中の「3.35 給水事業」に該当し、Group1 と分類されていることから、規定により初期環境影響評価(Initial Environmental Examination: IEE)の実施が義務付けられている。よって Ministerial Instruction on the Process of Initial Environmental Examination of the Investment Projects and Activities (No.8029/MoNRE)に基づき、IEE を実施した。当該事業の場合、事業者はビエンチャン市天然資源環境局に IEE 書を提出し、ECC の交付を受ける事必要がある。[4]

当該事業の IEE 書案は、DONRE に提出された後、2 回の関係者間会議（村・郡レベルおよび郡/ビエンチャン市役所レベル）での審査を経た。その後、2015 年 2 月 17 日付で ECC が DONRE より交付された。

6.2 代替案

取水施設候補地

取水施設を既存のチナイモ取水施設内に建設するという代替案 2 が、他の代替案（既存施設の取水量のみを増やすという事業を実施しないケースもしくは既存施設の隣に新たに土地を取得して取水施設を建設するという代替案 1）との検討の結果、一番実施可能な案として選ばれた。

浄水場候補地

浄水場施設を既存のチナイモ浄水場施設内に建設するという代替案 2 が、他の代替案（既存施設の浄水処理量のみを増やすという事業を実施しないケースもしくは既存施設の隣に新たに土地を取得して浄水場施設を建設するという代替案 1）との検討の結果、一番実施可能な案として選ばれた。

高架水槽候補地

高架水槽を既存のサラカム高架水槽施設内に建設するという代替案 3 が、他の代替案（既存のポンケン（Phonekheng）高架水槽の建直しをするという代替案 1 もしくは新たに土地を取得して高架水槽を建設するという代替案 2）との検討の結果、一番実施可能な案として選ばれた。

6.3 初期環境評価 (Initial Environmental Examination: IEE) 結果

IEE は既存データ、ステークホルダーからの聞き取り及び現場踏査等によって実施された。予見される事業による甚大な負の影響は予見されず、また何らかの影響が予見された項目についても、適切な緩和策を講じることにより回避・最小化が可能であると判断された。主な

[4] Article 2.4 Review of the Initial Enviornmental Examination Report, Ministerial Instruction on the Process of Initial Environmental Examination of the Investment Projects and Activities No.8029/MONRE)

負の影響は、工事時における建設機材の稼働等に伴う大気汚染、水質汚濁、廃棄物の排出、騒音・振動等の一時的かつ局所的な汚染である。上水事業に係るメコン河の取水権については、ラオス法令において特別な規定はなく、取水許可を取得する必要はない。

6.4　住民移転、用地取得および補償

すべての事業予定地は政府用地を使用することになっている。その為、事業に因る住民移転、用地取得および補償は発生しない。取水施設および浄水場は、既存のチナイモ浄水場敷地内に建設予定である。同様に、高架水槽は、既存のサラカム配水センター敷地内に建設予定である。送水管、導水管および配水管等の水道管については、すべて公道下に埋設する。水道管の埋設にあたっては過去の類似事業に倣い、以下の方針が適用される。

1) 水道管は公道内[5]にある電柱､通信塔等公共工作物および公道内を一部占有している個人の塀等を回避して埋設する。
2) 水道管埋設工事後はすみやかに現場の原状回復をする。
3) 管路は詳細設計時に設置される land clearance committee によって最終化される。

6.5　環境管理およびモニタリング

IEE に基づき、影響が予見される各項目について、緩和策(案)を作成した。緩和策実施状況は定期的に監理することになっている。工事中においては、環境社会管理モニタリング計画(Environmental and Social Management and Monitoring Plan: ESMMP)に基づき、実施機関内の環境担当者が、工事請負業者の実施する緩和策を監理する。供用時においては、当該事業によって新設された施設は、既存の施設と共に、ビエンチャン市上水道公社(NPNL)によって管理される。ESMMP は詳細設計時にレビューし、最終化することになる。また、ESMMP に基づき、工事請負業者は、工事作業開始前までに、工事請負環境社会管理計画（Contractor's ESMMP）を作成し、環境エンジニアにより承認を得ることになる。

6.6　コンサルテーションミーティング

IEE 実施時には、様々な形でのコンサルテーションミーティングが行われた。行政機関から得た情報や個人、グループ、関係者会議で集めた意見は、事業の設計に反映された。

6.7　事業実施の為に今後必要な手続き

以下の手続きが事業の実施の為に必要となる。

1) チナイモ浄水場に接する土地に係る国防省との調整

[5]全公道域とは、車道、路肩、歩道、排水溝、沿道斜面および路上施設帯を含むと定義される。(公道法 20 条　1999 年)

7. 事業実施体制

7.1 事業実施体制の検討

7.1.1 水道事業の事業実施組織

水道事業について、都市部は公共事業運輸省（MPWT）で農村部は保健省（MOH）の責務の範囲である。尚、2012 年の MPWT 大臣令以降、都市部の水道事業はその規模等によって中央レベルと地方レベルに区別され、一部の事業は中央省庁（省レベル）から地方自治体（首都・県レベル）にその責務を権限移譲する政策が進められている。

(1)　省レベル

公共事業運輸省 (MPWT)

MPWT の役割は、ラオス全域の都市部における水道施設整備・開発プロセスの調整である。

都市住宅計画局(DHUP)

DHUP は、MPWT の監督下で、まだ展開していない都市部への水道施設整備を計画する。

水道課 (WSD)

WSD は、DHUP に所属するが、 水道分野の開発のための政策、戦略と投資計画、資金調達、投資プロジェクトの展開と監督、標準ガイドラインの作成と実施、水道セクター機関の人的資源開発の役割を担う。

水道規制委員会 (WSRC)

WSRC は、MPWT 下にある機関であり、ラオス全域の都市水道の戦略、政策、規則、規則管理を含む水道サービス規則にかかる立法、その他規則の草稿を作成している。

水道規制事務局(WaSRO)

WSRC の事務局である WasRO は、 水道分野の規則、ガイドラインの作成・展開において、これらの法的順守の監視を行う。WaSRO はまた水道料金の決定に助言を行い、統計や組織業績に関する年次報告を作成する。

(2)　首都・県レベル

公共事業局 (DPWT)

DPWT は、首都・県の組織であり、首都ビエンチャンまたは各県での事業実施において指導的及び管理的立場にある組織である。

水道公社 (PNP)

都市水道の運営上の責任は地方自治体への権限移譲施策により各地方自治体に委任されている。実際の水道施設の運営と維持管理に責任ある組織は、地方自治体所有の PNP であるが、すべての PNP は各地方自治体の統制下にある。

7.1.2　本事業の事業実施機関

過去のいくつかのプロジェクト経験を踏まえて、 本事業の実施体制はラオス側（DHUP、DPWT、 および NPNL）で議論され、ラオス側により所管機関、実施機関、事業管理組織、事業運営委員会について、次のように提案された。

- 所管機関は、MPWT を想定する。
- 実施機関は、DPWT を想定する。
- DPWT の下に、事業管理組織（PMU）が設立される。なお、同組織は、DPWT と NPNL の職員で構成されることを想定する。
- 事業を監視、調整するため、事業運営委員会（PSC）が設立される。なお、同委員会は、関連省庁と部門の要人で構成されることを想定する。

図 7.1 で、本事業の実施体制の概要を示す。

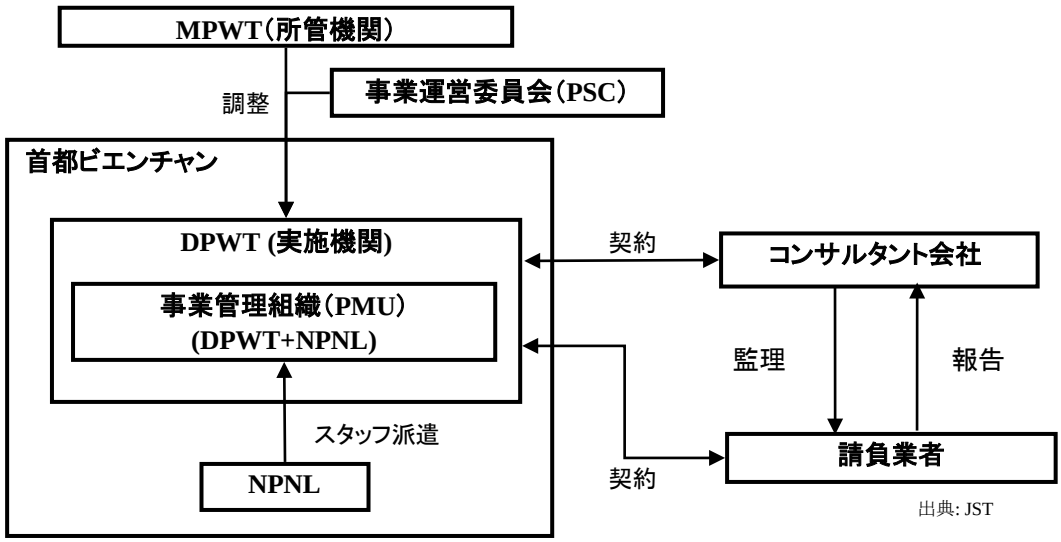


図 7.1 事業の実施体制

7.2　維持管理

7.2.1　維持管理 (O&M)計画

本事業で提案している水道施設の維持管理計画は「5.3　事業で建設される施設の運転維持管理計画」にて述べたとおりであるので、本節では NPNL の全体的な運営と、チナイモ浄水場拡張事業における施設の円滑な運転のため運転維持管理計画についての提案を行う。

（水質管理）

各浄水場に設置された 4 つの水質検査室では、24 時間安全で清浄な水を届けるため、毎月 98 検体の濁度、残留塩素、色度の検査を行っている。チナイモ浄水場の水質試験室の所長は、JICA からの技術協力による訓練を受けており、浄水場の運転に必要な水質管理を行う

十分な能力を有している。水質分析は毎日実施されており、その結果もきちんと記録されている。NPNL にとっての今後の課題としては、水質分析項目を増やすことである。

（無収水の低減）

NPNL は「3.5 無収水量の現状」にて述べたように、2012 年より AfD による支援で無収水削減プログラムを推進してきた。上記実施の前には、さいたま市水道局が JICA の草の根技術協力プロジェクトにより、2004 年から 2006 年の 3 年間、配水管と給水管の維持管理について NPNL に対する技術支援を行っていた。老朽化した GSP 管の取替えや迅速な漏水補修といった対応を行っているにもかかわらず、2013 年の無収水率は依然として 25%である。このため、下記の長期計画における無収水管理計画を根気強く実施していくことが必要である。また、同時に、配管工の技術能力向上も重要であることから、OJT や NPNL の技術研修センターを活用して、配管工に特化した体系的な研修プログラムを導入することも必要となる。

（資機材の運転・維持管理）

「3.19.4 人材的側面」で述べたように、ポンプ等の故障した資機材修理ができる技術者の不足は、運転・維持管理において深刻な課題である。機械・電気技術者の増員が望まれる一方で、これらの運転維持管理に係る外部委託も解決方法の一つとなりうる。定期的な点検、修理、機械・電気機器のスペアーパーツの計画的な供給を外部委託することは、効果的で効率的な運転維持管理を行う上で、検討する価値がある。しかしかしながら、これまでラオス国内では、そのような市場が存在していなかったこともあり、上記のようなサービスを提供できる民間企業がほとんど存在していないことに留意しなければならない。このため、維持管理サービスに豊富な経験がある外国企業とのジョイントベンチャーを組むことを外部委託契約の条件とすべきであろう。同時に、NPNL は民間企業の技術者のレベル向上のために、技術訓練センターを活用することを考慮すべきである。

（人材育成）

給水量および顧客の増加に伴い、職員を増員することは必要である。NPNL は職員を 2014 年の 480 人から 2020 年には 597 人に増員する予定であり、職員数の妥当性と詳細な職員配置計画を現在見直しているところである。この職員の増加に伴って、各職員に適切な訓練を行い、職員の効率性を上げることも重要である。NPNL の技術訓練センターは、NPNL の各部門及び他の水道公社の要望に基づいて年間訓練計画を立案しており、NPNL の長期計画における人材育成計画では、技術訓練センターで 500 名以上の職員が 4~5 日のトレーニングを受けることが計画されている。しかしながら、この研修目標人数を達成するのは難しいという指摘もあることから、各職種にとって必要となる研修とともに、期待されるキャリアパスに基づく戦略的な人材育成管理を検討する必要がある。例えば、OJT は人材育成において有効に活用できる研修の一つである。

（経営計画）

NPNL は現在、JICA の水道公社事業管理能力向上プロジェクト（The Capacity Development Project for Improvement of Management Ability of Water Supply Authorities；以下、MAWASU プロジェクト）のもと「長期計画 2020」を策定している。NPNL の長期計画も水道公社経営の基礎となるものであり、毎年のプログラムと活動はこの長期計画に基づいて実施されることが望まれる。そのため、本事業もしかるべく長期計画に取り込まれるべきであり、モニタリングと見直しをされながら、実行されていくことが必要となる。

2014 年 10 月 22 日版の長期計画には、１）安全な水供給、２）安定した給水、３）健全経営の 3 本の柱のもとに詳細な計画が盛り込まれている。

長期計画のモニタリングとレビューは、2017 年 8 月の MAWASU プロジェクトの終了時までに行われることが予定されている。そのため、本チナイモ浄水場拡張事業を活用し、この技術協力プロジェクトとの効果的な連携を図り、長期計画の実施状況のフォローアップを行うことを提案する。

7.2.2　技術支援コンポーネント

本技術支援コンポーネントの提案概要を表 7.1 に示す。

表 7.1　提案した技術支援コンポーネント

目的	インプット	活動
長期計画のフォローアップと促進	● 浄水場運転維持管理専門家 1.4MM (0.47 ×3 回) ● 配管管理専門家(0.47 ×3 回) ● 財務専門家(0.47 ×3 回)	● 長期計画活動の進捗をモニターする。 ● 計画見直しの方法をアドバイスする。
アウトソーシング導入の検討	● 本邦研修(2 週間、6 名) ● 契約管理専門家 0.93MM (0.47 ×2 回)	● 本邦水道事業の経験からアウトソーシング導入のアドバイスを行う。 ● アウトソーシングのための契約にかかる必要なアドバイスを行う。

出典:JST

8. ライフ・サイクル・コスト入札の導入

8.1 ライフ・サイクル・コスト入札導入の目的

本件拡張事業に係る施設建設を行うにあたり、建設費等の初期費用に一定期間の O&M 費を加えたライフ・サイクル・コスト（Life Cycle Cost: LCC）を入札価格として評価することで、ラオス側の将来のコストを抑え、より効果的・効率的な施設建設の実現を目的とするものである。

8.2 LCC 入札の上下水道プロジェクトへの適用パターン

8.2.1 世界銀行融資による下水処理場施設案件の先行事例

下水処理場一式の建設を対象に、デザイン・ビルド方式により業者選定を行う案件で、その選定にあたり入札価格に LCC を用いた事例である。LCC は、表 8.1 に示すとおり、一定期間（ライフサイクル）における初期投資（建設費、設計費、設置費等）や O&M 費等から構成される。

表 8.1　LCC の内訳

Life Cycle Cost 内訳	O&M 費の内訳
1. 建設費	1. 人件費
2. 設計費	2. 電力費
3. 設置費	3. 薬品費
4. スペアパーツ費	4. パーツ交換費
5. O&M 費	5. 汚泥等処分費

出典：JICA 勉強会資料（2014 年 8 月 25 日）

8.2.2 円借款による上水道整備事業での事例

バンコク水道整備事業において、ポンプ設備の入札に対し、ポンプ本体の価格や設置費に加え、そのポンプ効率から導きだされた電力費を入札金額に加え、総合評価価格（Evaluated bid price）として評価する方式が採用されたケースがある。このケースでは、ポンプ類、ポンプ配管類、電気受電設備、ポンプ操作盤、計装機器類のみを独立した入札パッケージとし、効率評価を含む総合評価価格での評価が行われた。総合評価価格は、概ね表 8.2 に示す費用により評価された。

表 8.2　総合評価価格の内訳表

価格項目	内訳	価格
ポンプ本体価格	- 取水ポンプ及びスペアパーツ価格 - 送水ポンプ及びスペアパーツ価格	-
設置費	- 輸送費及び設置費 - 試運転費用	-
運転費	- 取水ポンプの 20 年間の運転電力費 - 送水ポンプの 20 年間の運転電力費	-
総合評価価格		

出典：JST

8.3　本件首都ビエンチャン上水道拡張事業への導入可能性

8.3.1　LCC 入札導入にあたって留意すべき点

本件拡張事業おいて、LCC 導入を検討する上で留意すべき点は以下の 3 点である。

1) 拡張後のチナイモ浄水場処理能力は、120,000m3/日となりラオスで一番の大規模浄水場となるが、既存の浄水場（80,000m3/日）の処理方式は、横流式凝集沈殿・急速濾過法（従来方式）を採用しており、拡張（40,000 m3/日）においても既存と同様の従来方式のままとするか新しい浄水プロセスを導入すべきかの検討が必要である。
2) メコン河(取水源) は、雨期には非常に高い濁度を記録する(3000 NTU 以上)ことから、適用できる処理方式が限定され、また、運転管理体制についての考慮も必要である。
3) 首都ビエンチャンは地形的に、ほぼ平坦であり、そのため取水および送・配水については、自然流下方式を適用できず、すべてポンプ運転によるものとなる。

8.3.2　推奨される LCC 入札の方式

表 8.3 に、本件浄水場の拡張にあたり、考えうる代替の浄水場処理方式の 3 方式と、それらの比較結果を示す。②の高速凝集沈澱方式や③のセラミックろ過方式は、メコン河の原水濁度のような高濁度には対応が難しい方式である。一方、①の既存処理方式は、過去長期間に亘り高濁度原水に十分対応でき処理性能上も問題がないことが実証されており、この従来型の方式を変更する理由は乏しいと考えられる。また、本件は、既存浄水場（80,000m3/日）の拡張工事（40,000 m3/日）であり、既存部分と並列に拡張分を増設できる用地も確保されている中、あえて既存の処理方式と異なる処理方式のプロセスを導入するのは、運転維持管理上の複雑さや職員の運転管理能力の現状から言っても得策ではない。

表 8.3　チナイモ浄水場拡張への適用可能性を検討した処理方式の比較

比較事項	①　従来型（横流式沈澱池＋急速ろ過）	②　高速凝集沈澱池＋急速ろ過	③　セラミックろ過
ラオスでの実績	45 年以上の運転経験がある。	1)　Dongbang 浄水場で上向流式沈澱池が運転されている。（スラッジブランケットタイプ） 2)　ラオ・ビール工場が 2014 年 7 月からメコン川を水源とし 16,000m³/d の高速凝集沈澱池（スラリー循環型）を導入運転している。	実績なし。
高濁度原水への対応（チナイモ浄水場の原水であるメコン河は雨期に 3000NTU 以上になる。）	処理水は雨期・乾期とも通年を通し、飲料水基準を満たす処理水が得られている。	1)　Dongbang 浄水場ではナムグム川の濁度が上昇した際に処理水量が低下している。（年平均で能力の 2 割以上ロス） 2)　ビール工場の施設は、現在の処理水量が能力の 50%で、現時点では原水に対応できているが、フル稼働時で高濁対応の実績はまだない。 3)　高速凝集沈澱池は、日本の水道施設設計指針においても、一般に濁度が 1000NTU が超えると処理水量が 1 割以上減ずると指摘されている。(濁度 3000NTU の原水を処理する場合、池内スラッジ濃度を適正に保つために処理水量の 3 割程度がスラッジとともに排水される。)	1)　高濁度原水に対しては実績がない。 2)　高濁度時対策として、前段に前処理として凝集沈澱池の建設し濁度を低減する必要がある。
運転管理費に関係する必要な機械電気設備類の比較	1)　薬品注入設備 2)　砂ろ過池の洗浄設備 3)　沈澱池の排泥はマニュアル	1)　薬品注入設備 2)　砂ろ過池の洗浄設備 3)　高速凝集沈澱池の撹拌装置 4)　自動排泥装置が必要	1)　薬品注入設備 2)　膜供給ポンプ 3)　膜の逆洗装置・圧縮空気設備（4～12 時間おきに逆洗が必要）
建設費比較*	1	0.8～1	1.5～2 倍
薬品費*	1	0.9	高濁度時は前処理が必要で方式①と同様。原水濁度が低い場合は①より少なめ。
電気代*	1	方式①より若干高め。	方式①よりかなり高くなる。
総合評価	○	△	X

注：従来型を 1 としてコスト比較

出典：JST

以上の点から、浄水場拡張にあたっては、従来型の処理方式の採用を前提として、設計・施工分離方式による入札方式の採用が妥当であると思料される。

一方、現在のO&M費のおよそ7割を占めている電力費のほとんどが、取水および送配水ポンプの運転によるものであることから、ポンプ設備だけを独立したパッケージとして取り出してLCC入札を行うことが妥当である。

本件のポンプ設備の内容は、表 8.4 に示す通りで、その調達および設置コストは、独立した一つのパッケージを構成するに十分な規模になると考えられる。

表 8.4　ポンプ設備パッケージの内容

ポンプ設備パッケージのスコープ	内容
- 取水ポンプ(合計容量120,000 ㎥/日) - 送・配水ポンプ(合計容量120,000 ㎥/日) - サラカム揚水ポンプ(合計容量36,818 ㎥/日)	ポンプ類、ポンプ配管類、電気受電設備、ポンプ操作盤、計装機器類、遠隔監視システム

出典：JST

8.3.3　ラオスの調達に係る法制度

LCCに関連する条項としては、財務省令 Part VI: Criteria for Awarding Contracts「Article 29: Award Criteria」に、以下の内容が記載されている。

> *“価格に加えて､評価基準は入札書類の金額的価値に置き換えられるものとして以下の項目を含んでも良い｡金額的に定量化できない評価基準は合否判定基準で評価されなければならない｡*
> *(a) 工事、サービスまたは資機材調達の工期*
> ***(b) ライフサイクルでの運転コスト***
> *(c) アフターサービスと技術支援*
> *(d) 調達資機材に関連するスペアパーツの供給*
> *(e) 支払条件“*

上記から、ラオス国内でLCCの考え方に基づいた入札を行うことは可能であると考えられる。

8.3.4　LCC 入札導入の妥当性

世銀の事例では、下水処理場建設一式をLCC入札の対象としたものであるが、本件拡張事業の場合、自然条件および運転管理体制面の制約から、浄水場拡張にあたり採用される処理方式としては従来型の横流式沈澱池＋急速ろ過方式が推奨されることとなった。したがって、他の選択肢を認めるデザイン・ビルド方式は適用されず、設計・施工分離方式となり、世銀の事例のような浄水場拡張を一式としたLCC入札は適用されないことになる。しかし、チナイモ浄水場の取水ポンプ設備および送配水ポンプ設備は、これまで以上に扱う水量が大きくなり、O&M費の大部分を占めているポンプによる電力費が今後もさらに多額となっていくとみられ、効率がよりよい最適なポンプ設備の導入をO&M費を含めて評価できるLCC入札を適用することは妥当と考えられる。

8.4　LCC 入札の手続きと評価方法

8.4.1　評価価格

表 8.5 に示すように、ポンプ本体費、スペアパーツ費、設置費等に加え、15 年あるいは 20 年間といった定められた年数（ライフサイクル）での電力費(現在価値換算)を加えた総合評価価格での入札評価が適当である。

表 8.5　ポンプ設備パッケージの総合評価

項目	内容	提案価格
本体価格	- 取水ポンプ及びスペアパーツ価格 - 送・配水ポンプ及びスペアパーツ価格 - サラカム揚水ポンプ及びスペアパーツ価格 - 遠隔監視システム及びスペアパーツ価格	
設置費	- 輸送費及び設置費 - 試運転費用	
電力費	- 取水ポンプの 15-20 年間の運転電力費 - 送・配水ポンプの 15-20 年間の運転電力費 - サラカム揚水ポンプの 15-20 年間の運転電力費	
	総合評価価格	

出典：JST

プロジェクトライフでの電力使用量の算出のため、応札者は表 8.6 にある保証値を応札時に提示することとなる。

表 8.6　応札者による保証値

項目	保証値
1. ポンプ吐出量, Q, (m^3/min) 2. ポンプスピード (RPM) 3. ポンプ定格ヘッド, H, (m) 4. ポンプ効率, np 5. モーター効率, nm	

出典：JST

8.4.2　性能証明（工場検査）

応札時に落札者が提案および保証したポンプ性能を評価するため、出荷前に工場にて検査を行う必要がある。LCC に関連する検査項目は表 8.7 に示す内容が含まれる。

表 8.7　ポンプの工場検査項目

テスト項目	結果
1. ポンプ吐出量, Q, (m^3/min) 2. ポンプスピード (RPM) 3. ポンプ定格ヘッド, H, (m) 4. ポンプ効率, np 5. モーター効率, nm 6. 吸込性能	

出典：JST

検査結果が仕様で定められた規定値を外れる場合は、試験されたポンプは不合格とされる。

8.4.3　罰則

前述したポンプの工場検査の結果に対して、すべての値が規定された仕様を満足するものの、落札者が保証した効率を下回る場合には、罰則（罰金）が適用される。

8.5　本邦企業の優位性

メーカーが提案するポンプは、ポンプ自体の性能が規定される仕様を満たすことが第一条件となるが、入札書の技術仕様書においては、ポンプ本体の性能だけではなく、その性能を検査するための工場検査の方法までが細かく規定される。こうした検査を行える施設を保有する工場は限定されるので、この点においても本邦メーカーは優位となると思料される。

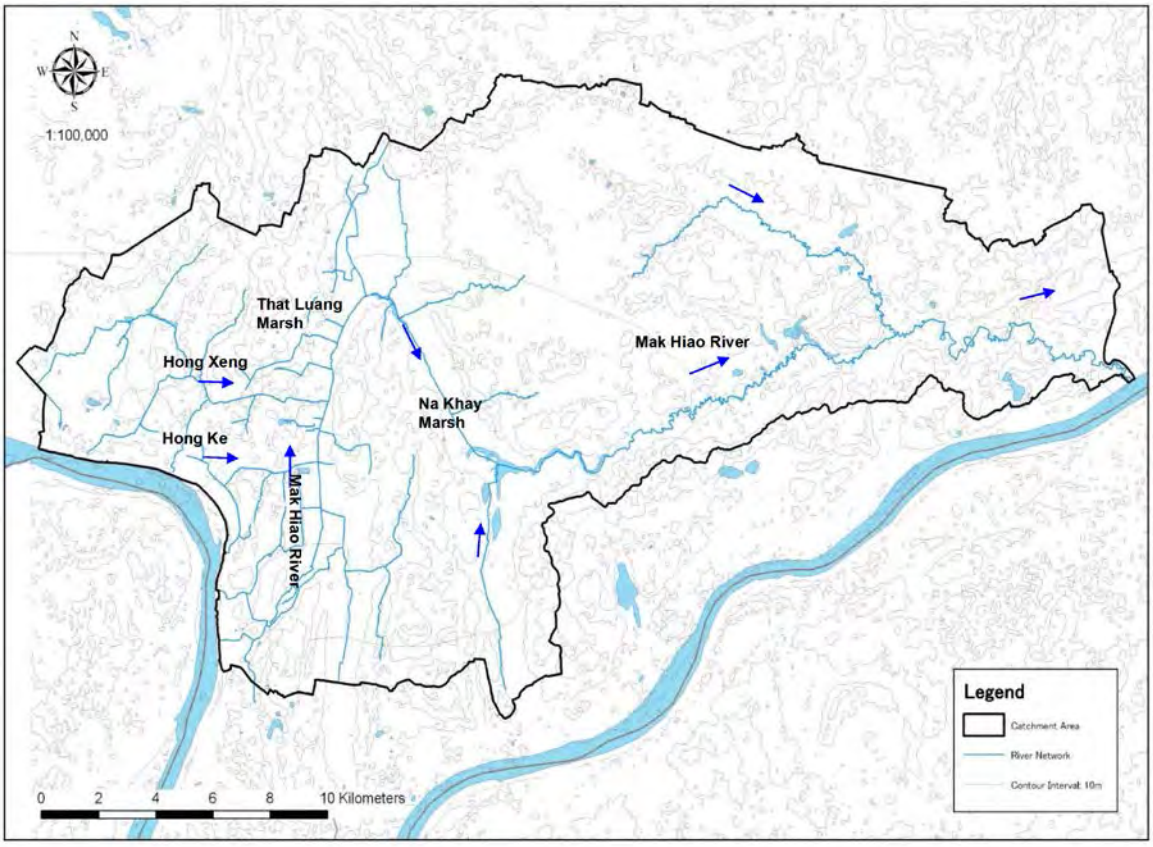
本邦メーカーからの聞取りによると、本邦メーカーは安全を見て仕様書が示す効率の５％は上回る効率の設定で製作することもあるとのことで、そのため、結果として本邦メーカーのポンプが高価になる傾向がある。しかし、LCC 入札とすることによって、効率を高めている分、将来の電力費が節約されるという点も同時に評価されることになり、本邦企業の優位性を保つことができる。また、結果として、ラオス側にとっても性能が高く、総合的にコストパフォーマンスの高いポンプが調達されるというメリットがある。

9. 下水・排水セクターの分析

9.1 下水・排水セクターの現状と課題

9.1.1 下水・排水セクターの現状

3 基の分散型汚水処理設備（Decentralized Wastewater Treatment System : DEWATS)を除いて、首都ビエンチャンには,現在集中型の下水処理システムは無く、排水路網があるだけである。首都ビエンチャンのドンチャンパレスホテルの前にある水路の水が、排水ポンプ場を通じて、直接、メコン河に放流されているほかは、下水は排水路網を通じてホン・セン (Hong Xeng）、ホン・ケ (Hong Ke）排水路に流入後、マクヒアオ川 (MaK Hiao River）に流入し、タット・ルアン湿地（That Luang Marsh）とナカイ湿地（Na Khay Marsa）を通過後、首都ビエンチャン中心市街地より、約 30km 東の地点でメコン河に合流する。（図 9.1 参照）



出典：「ビエンチャン市水環境改善計画調査」（2011 年 9 月）

図 9.1　対象エリア

9.1.2 下水・排水セクターの課題

1) 首都ビエンチャンで発生する下水・排水は、湿地とマクヒアオ川を通して市街地より約 30km 東の地点で放流される。また、放流点の水質は「ビエンチャン市水環境改善計画調査」（2011 年 9 月）で BOD2～3mg/l と良好である。

2) 首都ビエンチャンにははっきりとした雨期と乾期があるため、時期により流下水量が異なる、排水路断面は雨期用の大きさである。従って乾期には腐敗槽オーバーフロー水と生活雑排水しか流入しないため、支川末端では、下水の滞留や浮遊ごみ等が見られる。またこれらによる異臭が生じる場合がある。

3) 経済開発に伴う生活水準の高度化、人口の増加、都市域の拡大は未処理の生活雑排水量の増大に影響を及ぼし、下水量は確実に増加する。

4) 首都ビエンチャンには下水処理施設はなく、腐敗槽と湿地や河川の浄化能力に頼っているため、汚濁負荷が増大していけば、河川水質の悪化や衛生環境の悪化が懸念される。

9.2　下水・排水セクターの方針と計画

首都ビエンチャンの下水と排水セクターの 2030 年までのアクションプランを以下に示す。

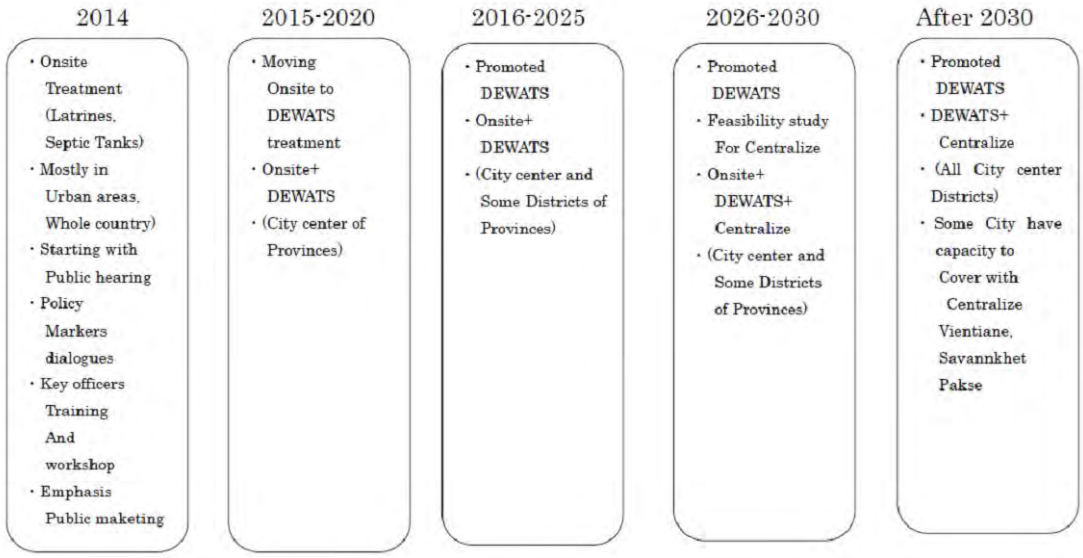


図 9.2　下水と排水セクターのアクションプラン

9.3　上水道拡張により増加する下水・排水の影響

現在、首都ビエンチャンでは、今後、人口増加や経済の発展にともない、日最大で 400,000 m^3/日を越える浄水場の拡張が必要とされている。

「ビエンチャン市水環境改善計画調査」（2011 年 9 月）では、上記の水道拡張による影響を論じたものではないが、人口増や経済発展を考慮した水質予測計算を行っている。これによれば、マクヒアオ川河口の BOD 水質は 2009 年に 1.9mg/l であったものが、2020 年には 3.1mg/l に増加するとされている。従って、水道拡張の計画年である 2030 年にはさらに悪化することが予想される。

9.4　首都ビエンチャンにおける下水と排水に対する包括的な計画

首都ビエンチャンの発生負荷量が増えたにしても、マクヒアオ川河口における水質は、極端に悪化はしないであろうことが予測される。逆にマクヒアオ川や湿地に流入する前のビエンチャン市内の排水路は BOD30mg/l を越えるような水質となることが予想されている。

このため、現状でも課題となっている異臭の発生がより問題となろう。特に支川流末ではほとんど流量がなく、停滞しているところも見かけられる。構造物対策として、環境教育の面から水路蓋掛け防止がうたわれているが、本川・支川とも水路幅は広く、水路の蓋掛けは現実的には困難である。台形の自然水路（粗度係数大）を矩形のボックスカルバート（粗度係数小）にして対応することが考えられる。公的な資金に頼らないカルバート化の例もある。

各家庭の汚水は排水管を通して排水路網に入ってくる。このため乾期においては、汚水管の役目を果たしていることになる。従って、この河川水を直接浄化することが考えられる。日本では高水敷に浄化施設が設けられるが、ホン・セン排水路には適当な高水敷が見あたらないため、農地を利用して施設建設を行う。場所はホン・ワッタイ支川（Hong Wattay）にナム・パサク支川（Nam Pasak）が合流後、ホン・パサク支川（Hong Pasak）と合流する地点でほぼ３支川の浄化を１個所で行える場所である。

ホン・ケ排水路に河川浄化施設を設置するには、敷地的な制約が大きい。かろうじて考えられるのは、高水敷があるところでなるべく浄化施設を建設する。もしくは商業施設敷地の地下に施設を建設する。

以上述べてきた内容をまとめると、首都ビエンチャンでは、都内より直接メコン河に下水や排水を排出することなく、下水も湿地や河川の浄化能力を利用して、下水処理施設無しで良好な水質にてマクヒアオ川より排出している。このことを考慮すると下水の二次処理を伴う下水道事業の推進は、ただちに着手する必要はないと考えられる。

湿地や河川の浄化能力を保つには、特に湿地の保全が重要である。そのためには開発行為の禁止や開発に伴う排水規制の強化等を講じる必要がある。

首都ビエンチャンの経済成長や人口増の現状及び市域の拡大から、水質の悪化や悪臭の発生が予想されるが、これらについては 1) できるところから経費の安価な汚水処理システム（DEWATS など）を導入する、2) できるところから蓋掛けを推進する、3) 河川水を直接浄化する、などの方策をとって湿地保全と都市水路内水路の改善を行うべきである。

10. 事業効果

10.1 事業の経済的内部収益率（EIRR）及び財務的内部収益率（FIRR）

10.1.1 財務分析

すでに発表された 2018 年までの料金値上げのあとに、固定価格での水道料金値上げを行わない場合、財務的内部収益率（FIRR）は 9.29%と計算された。これは加重平均資本費用（WACC：4%）よりも高い。その結果、本事業は現在承認されている 2018 年までの水道料金値上げで、財務的に実行可能である。

10.1.2 経済分析

本事業の経済分析の結果は以下の通りである。

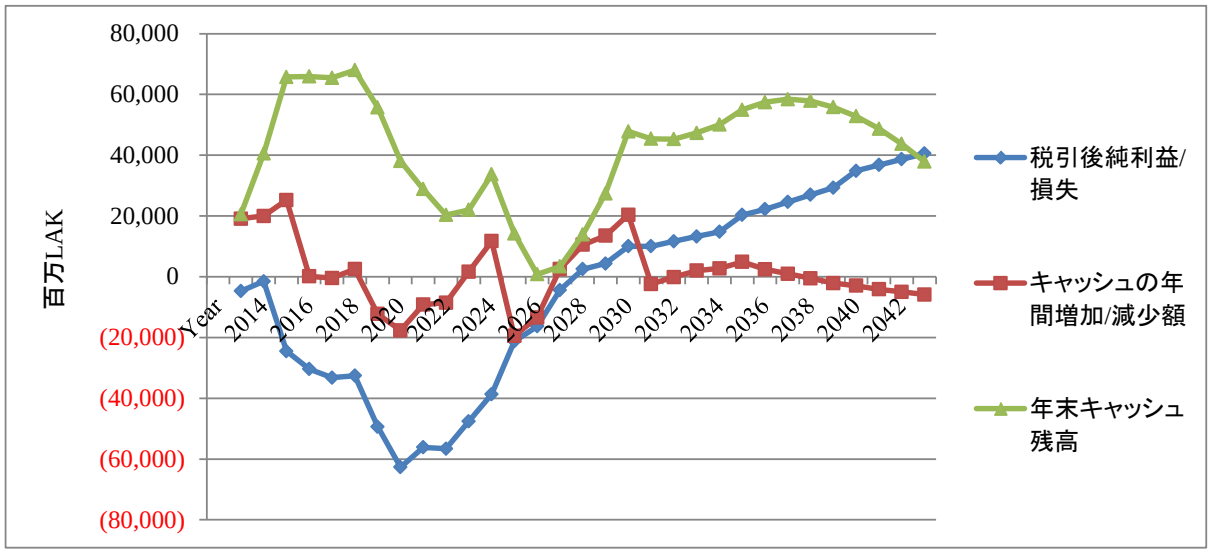
	経済的内部収益率（EIRR）	純現在価値（NPV）	費用便益比（B/C）
本事業	**27.30%**	**6,707 million JPY**	**2.15**

注：NPV 及び B/C は資本費用（割引率）12%で計算
出典：JST

計算された EIRR は資本の機会費用（12%）よりも大きい。そのため、本事業は経済的に実行可能である。

10.1.3 財務計画

図 10.1 は、2020 年から 5 年おきに 3.5%の料金値上げをした場合の NPNL の財務状況を示している。3.5%の料金値上げは、2020 年、2025 年、2030 年、2035 年及び 2040 年に行うこととなっている。



出典：JST

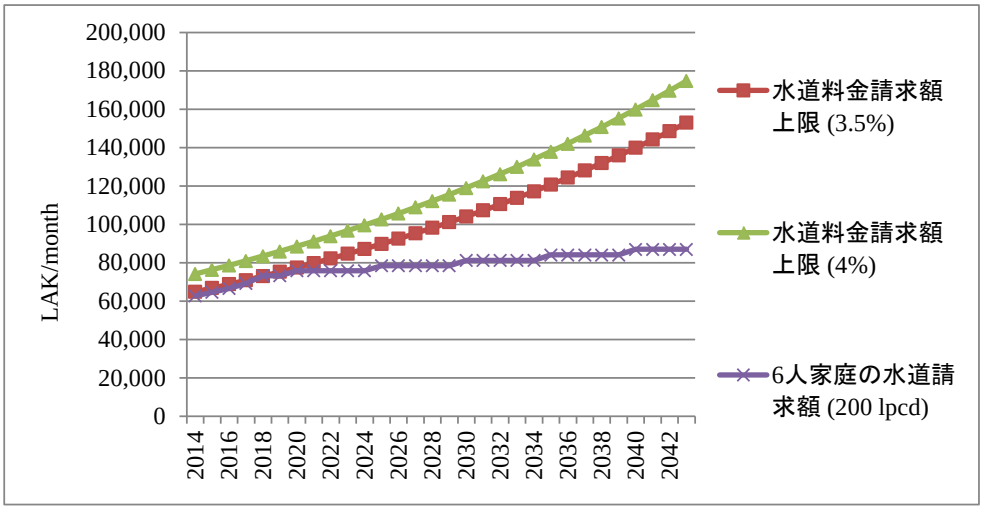
図 10.1　NPNL の純利益/損失、キャッシュフロー残高（5 年毎に実質 3.5 %値上げ）

ここでは、5 年毎にインフレ調整分を除く 3.5%の料金値上げを行うことを想定している。その場合、NPNL は全ての借入金元本と利子を支払い、AfD 支援で作成された M/P（配水管拡張と増強等）を実施し、その上で 30 年間プラスのキャッシュ残高を有することができる。注意すべき点として、上述の 5 年毎の 3.5%の料金値上げは固定価格（実質価格）での値上げで物価上昇を含んでいない。例えば、インフレ率を 6%とすれば、NPNL はインフレ調整のためだけに毎年 6%、3 年毎に 19%の値上げを行う必要がある。

10.1.4　事業による水道料金改定の影響分析

この分析では、本事業によって想定される水道料金値上げを行った場合、低所得家庭が料金を支払うことができるかどうかを検討する。財務分析の結果、本事業を財務的に実行可能とするためには、すでに承認された 2018 年までの料金値上げ以外に、さらなる値上げは必要ないことが明らかになった。しかし、他のあらゆる状況を網羅した財務計画を作成した際、NPNL は今後 30 年間、プラスのキャッシュ残高を有するために、2020 年から 2040 年まで 5 年に 1 度、インフレ調整以外に 3.5%の料金値上げを行う必要があることが明らかになった。社会条件調査（インタビュー調査）のデータを活用すると、低所得家庭の平均所得は 1,853,920 LAK/月と試算された。水道料金の支払可能額は、国際機関（IBRD、パン・アメリカン保健機構）によって、家庭所得の 3.5%もしくは 4%と設定されている。

一方、ラオスの一人当たり GDP の成長率は、固定価格で 5.9%（2005 年から 2013 年）であった。もしも、低所得家庭の所得が将来年率 3%で増加すると仮定すれば、平均所得から計算される水道料金請求額上限（支払可能額）と典型的な低所得家庭の水道料金請求額は、図 10.2 のように推定される。紫の線は 6 人家庭で 5 年毎に 3.5%の料金値上げをした場合の水道料金請求額の増加を示している。緑と赤の線は、所得が年 3%増加した場合の低所得家庭平均所得の 3.5%と 4%で計算した水道料金請求額上限（支払可能額）である。紫の線は、30 年間継続して緑と赤の線の下にある。そのため、本事業で計画された料金値上げ（2020 年から 5 年おきに 3.5%）は、将来の控えめな所得増を想定すると、常に支払可能額の範囲内にあり、低所得家庭にとっても支払可能であると考えられる。



出典: JST 作成

図　10.2　低所得家庭の水道料金請求額上限（年 3%の所得増を想定）、及び典型的な水道料金請求額

10.2 運用・効果指標の選択と算定

定量的効果

本事業で測定される定量的効果を表 10.1 に示す。本事業では、目標年は 2023 年で施設完成後 2 年目である。

表 10.1　チナイモ浄水場拡張による指標

No.	項目	現在 (2013)	目標年 (2023)
1.	チナイモ浄水場からの給水人口* (人)	230,000	295,000
2.	チナイモ浄水場からの日平均給水量 (m^3/日)	93,272	103,800 (日最大 114,200)
3.	チナイモ浄水場稼働率 (%)	116.6%	86.5 % (日最大 95.2%)

*期待される目標値は、チナイモ浄水場の拡張後の配水管、給水管、各戸接続を担当する NPNL の履行にも依存する。

参考として、首都ビエンチャン都市部における指標を表 10.2 に示す。

表 10.2　首都ビエンチャン都市部の指標

No.	項目	現在 (2013)	目標年 (2023)
1.	都市部の給水人口* (人)	489,175	760,840
2.	都市部の日平均給水量* (m^3/日)	199,619	316,665
3.	都市部の水道普及率* (%)	72%	94%

*期待される目標値は、配水管、給水管、各戸接続を担当する NPNL の履行、及びチナイモ浄水場以外の他の浄水場の稼働状況やパフォーマンスにも依存する。

定性的効果

本事業では、上記に加え、下記の定性的効果が期待される。

1. 事業は 24 時間連続給水を目指した安定給水を可能とする。
2. 事業は公衆衛生状況の改善に寄与する。

11. 事業評価と提言

11.1 評価

提案されたフェーズ 1 事業は実行可能なものと評価される。

フェーズ 1 事業（チナイモ浄水場拡張 40,000m^3/日）は、NPNL の水供給システムにおいて現状の設計生産能力 180,000 m^3/日から、実施中のドンマッカイ浄水場拡張建設（100,000m^3/日）とタドゥア浄水場建設（20,000m^3/日）、センディン浄水場建設（20,000m^3/日）をあわせて、その水供給能力を 360,000 m^3/日へと大幅に増加することとなり、首都ビエンチャンでの慢性的な水不足状態を解消することに寄与する。加えて送水管、配水管、高架水槽の整備も事業で実施することにより、拡張されたチナイモ浄水場で生産された水を首都ビエンチャンの住民へ安定的に配水することができる。

経済財務評価の詳細は、「第 10 章　10.1　事業の経済的内部収益率（EIRR）及び財務的内部収益率（FIRR）」に記載されている。分析の結果、NPNL が承認済の 2018 年までの水道料金値上げから、さらに値上げを行わなくとも、事業の財務的・経済的実行可能性があることが示された。

表 11.1　事業の財務経済分析結果

分析の種類	指標数値	数値の評価	結果
財務分析	FIRR: 9.29%	割引率（4%）以上	財務的に実行可能
経済分析	EIRR: 27.30%	割引率（12%）以上	経済的に実行可能

出典: JST

事業の実行可能性を環境および社会的観点から検討する為、既存の資料、関係者からの聞取りおよび現地踏査等を通して初期環境評価(IEE)を行った。IEE の結果、甚大な負の影響は予見されないとされた。事業の候補地の選定では、用地取得や住民移転を避ける為の設計がなされた。その結果、新たな施設の建設は、NPNL 所有の既存施設内で行うことや公道下に埋設することになり、土地収用または住民移転は発生しない。主な負の影響は、工事時における建設機材の稼働等に伴う大気汚染、水質汚濁、廃棄物の排出、騒音・振動等の一時的かつ局所的な汚染である。これら何らかの影響が予見された項目については、IEE 書で作成した環境社会管理・モニタリング計画 (Environmental and Social Management and Monitoring Plan: ESMMP) の実施により回避・最小化が可能である。

11.2 提言

(1)　水道セクターに関連する既存計画との整合

既存のマスタープランや長期計画は、本調査最終報告書の内容も考慮に入れながら、今後、NPNL によって更新する必要がある。

(2)　将来の消毒方法

チナイモ浄水場での消毒方法につき、現在の次亜塩素酸カルシウム（さらし粉）に代えて塩素ガスを使用することに関して、今後の状況を踏まえながら、次の段階でも引き続き協議を継続してゆく必要がある。

(3)　チナイモ浄水場隣地のラオス国防省との協調

工事期間中、既設チナイモ浄水場の東側フェンスの外側数mの国防省管轄の士官学校敷地を借地することが必要である。また注入点に近い場所に新薬品棟を建設するために既設チナイモ浄水場の南側にある同学校の土地を部分的に取得する必要がある。

(4)　将来の汚泥処理

現在は、メコン河への汚泥処理に関する規則はない。しかしながら将来の汚泥処理に関する方針や法規制等、状況が変われば再考慮しなければいけない。

(5)　無収水（NRW）の削減

事業の完了後には、NPNL は既設管路網の補強を含めた漏水対策を十分に行うことが強く求められる。

(6)　職員の増員とトレーニング

増員職員の募集や彼らへの研修についても実施中する必要がある。

(7)　マスタープランの見直しと F/S（フェーズ２）の実施

マスタープランは段階的開発のの途中で適宜見直すべきである。同様にフェーズ 2 事業の実施に対して、F/S を行いフェーズ 2 事業の内容・規模を見直し、投資額の最適化を図る必要がある。

(8)　環境に係る留意事項

法的要求事項に基づいて ECC はすみやかに取得されなければならない。実施段階のモニタリング計画は、最新の法的要求事項に則して工事前までに作成されなければならない。

(9)　配水支管の整備と接続数の向上

本事業の効果発現のためには、ラオス側による配水管網とりわけ配水本管から先の配水支管の整備と各戸接続数の向上が重要である。そのため、NPNL もしくはラオス政府は、2020 年またはそれ以降の中・長期計画に基づいた予算手当を確実に行うことが重要である。

(10)　気候変動への対応

近年、ラオスの中央部や南部では雨期における洪水や乾期におけるメコン河の水位低下の問題が発生している。詳細設計の実施にあたっては取水施設建設予定地のメコン河の水位変化に関するデータを集め、本事業での建設予定施設に何らかの影響が予想されれば、施設設計において適切な対策を考慮する必要がある。